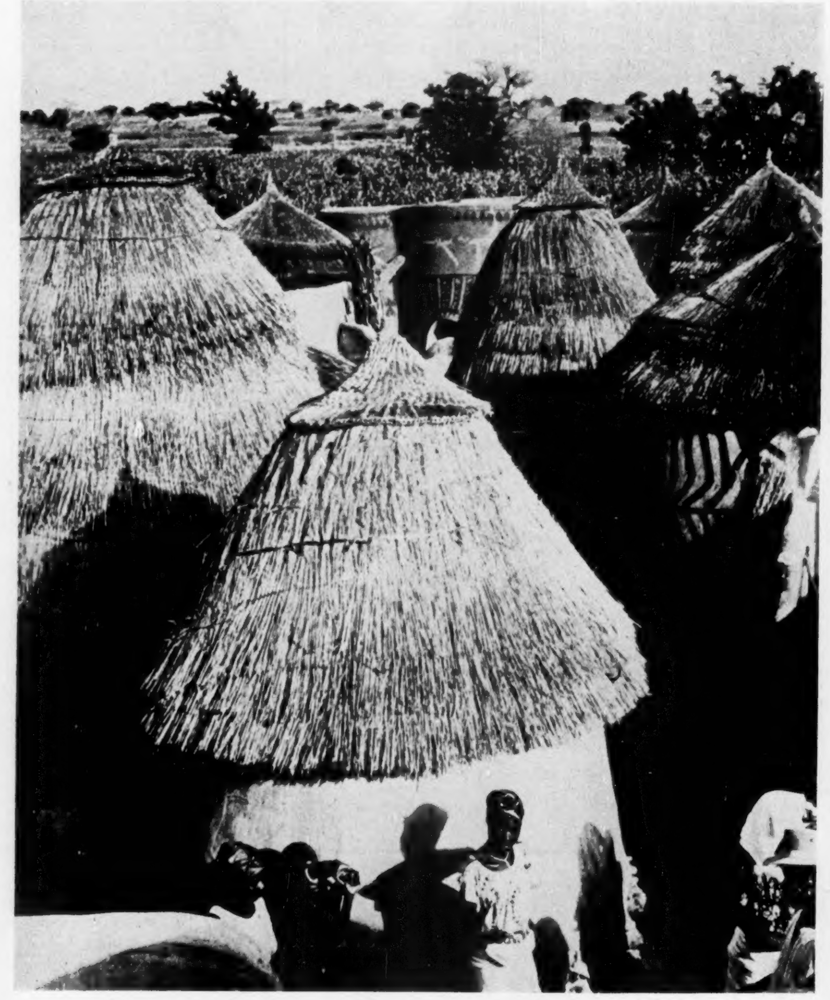
LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



GRENIERS A CÉRÉALES EN CÔTE DE L'OR

N° 3202 – Février 1952 Revue mensuelle Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

On a mis au point aux États-Unis d'Amérique des peintures à base de silicones, avec pigments de teintes variées, en vue d'utilisations à des températures élevées que ne peuvent supporter les peintures synthétiques ordinaires. Les essais ont montré que ces peintures silicones résistent à une température de 200° C, à l'eau bouillante, pendant 8 jours, au brouillard salin à 35° C pendant 1 mois, à une humidité relative de 100 pour 100 à 38° C pendant 40 jours, à une solution de savon à 1 pour 100 pendant 40 jours et à un brouillard d'acide sulfurique à 10 pour 100 pendant 4 jours. Ces peintures, après cuisson, adhèrent bien au verre et l'on envisage la possibilité de les utiliser pour remplacer les émaux vitrifiés sur des équipements de chauffage.

* * *

Une machine à décortiquer les crevettes a été mise au point aux États-Unis. Elle remplace de 15 à 60 travailleurs manuels et a permis une baisse très sensible des prix de préparation des conserves : une boîte de crevettes de 60 à 70 c est offerte maintenant de 25 à 40 c. Une autre machine, basée sur l'action de vibrations, extrait la chair des crabes. Conduite par un seul homme, son rendement est de 2 500 à 3 000 livres anglaises par journée de huit heures.

* * *

Une application curieuse des propriétés absorbantes des radiations solaires par une matière colorante organique, le vert naphtol, a été faite par la Palestine Potash Cy. Celle-ci extrait les sels de sodium, potassium et magnésium des eaux de la Mer Morte. L'addition de vert naphtol dans des proportions déterminées augmente de 50 pour 100 la quantité d'eau évaporée par unité de surface, l'énergie des radiations solaires étant presque complètement absorbée.

* * *

Une première conférence internationale sur la technique de la gazéification souterraine des combustibles doit se tenir en février 1952 aux États-Unis. Elle est organisée par le Bureau of Mines et par l'Alabama Power Cy. Elle comportera une visite aux essais poursuivis par cette dernière compagnie aux charbonnages de Gorgas en Alabama. Des spécialistes rendront compte des essais en cours ou déjà réalisés en Belgique, en Italie, en Grande-Bretagne et au Maroc.

SOMMAIRE

Des forages pour la recherche du pétrole ont permis de découvrir un important gisement de soufre à Garden Island Bay, en Louisiane, à 160 km de la Nouvelle Orléans, sur les bords du delta du Mississipi.

Ce gisement serait le plus important de tous ceux découverts depuis vingt ans. Une usine équipée pour une production annuelle de 500 000 t est en construction. Elle sera en production en 1953.

* * *

Des études météorologiques sont poursuivies en Grande-Bretagne, en vue de l'exploitation de l'énergie éolienne en diverses régions : Iles Orcades, Cornouailles, Pays de Galles. L'installation de génératrices à hélice, d'une puissance unitaire, de 1 000 à 2 000 kW, pourrait fournir de 4 à 5 000 kW/h annuels par kilowatt de puissance installée, sous des vents de 30 m par seconde. Le prix du kilowatt installé serait de l'ordre de 50 livres sterling et le prix de revient du kilowatt/heure de l'ordre de 0,25 penny, pouvant s'élever jusqu'à 0,40 penny quand les conditions météorologiques sont peu favorables.

La Saco-Lowell Shops Incorporated fait actuellement construire à Saco, dans le Maine, un nouveau tissage qui couvrira une superficie de près de 28 000 m². Cette usine présentera la caractéristique de ne pas comporter de fenêtre. Les ateliers seront éclairés par des appareils électriques ultra-modernes et une circulation d'air conditionné assurera la ventilation. Toutes les installations de cette nouvelle usine seront de plain-pied, ce qui rendra plus facile la répartition des matières premières et permettra d'en entreposer une plus grande quantité. Ce tissage ne comportera donc ni ascenseurs ni escaliers, ce qui entrainera un gain de place et diminuera les frais de transport et de manutention.

* * *

Le plus grand dirigeable destiné à la marine des États-Unis, le « Van », termine ses essais. Il est du type semi-rigide, longueur 98,75 m, diamètre 24 m, capacité 27 000 m³ d'hélium. Il est monté par un équipage de 14 hommes. Destiné à la lutte anti-sous-marine, il peut atteindre une vitesse de 120 km à l'heure. Il est équipé de radar et de puissants projecteurs.

* * *

Une houe rotative a été mise au point permettant de conditionner un hectare de terre pour la culture du tabac en une heure et demie. Cette houe peut être également utilisée pour le coton et le maïs.

* * *

Une nouvelle méthode de préparation du titane est utilisée par Horizons Titanium Corp., permettant de réduire de 5 à 1 dollar le prix de la livre anglaise de ce métal.

* * *

Deux gisements d'uranium ont été découverts au Chili. L'un à proximité de Tambillo dans la province de Coquimbo, l'autre à Carrizal Alto, province d'Atacama. Le gouvernement chilien en assure la prospection et se réserve les droits miniers.

* * *

Les Nouvelles de Hollande annoncent que la Recherche scientifique néerlandaise va consacrer une somme importante à la construction d'un observatoire de radioastronomie.

LA NATURE

DUNOD, Éditeur
92, RUE BONAPARTE
PARIS VIe

C. C. P. n° 75-45 Paris

paraît tous les mois

ABONNEMENTS 1952

France et Union fse : un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs
Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) :
un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs

Belgique et Luxembourg :
un an : 325 F belges six mois : 163 F belges

Changement d'adresse : 30 F

N° 3202 Février 1952

LA NATURE

La Côte de l'Or

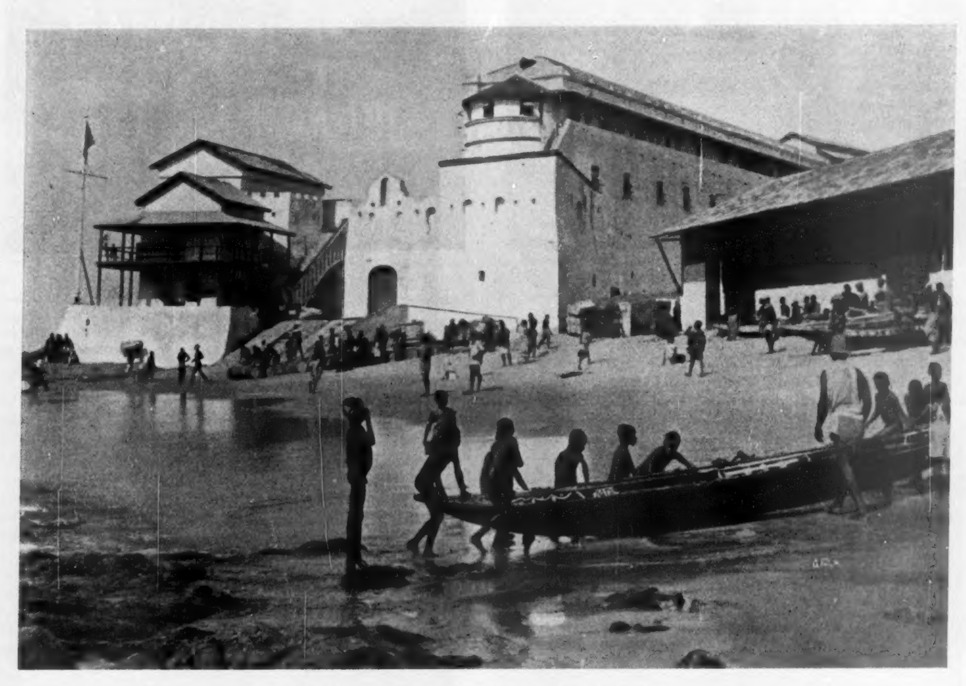


Fig. 1. — *Un village de pêcheurs au bord de l'Océan.*

Histoire. — La Côte de l'Or est un territoire tropical africain d'une superficie de 238 000 km². Son littoral borde le Golfe de Guinée au sud sur 537 km; elle est entourée à l'est par le Togo, au nord par la Haute-Volta et à l'ouest par la Côte d'Ivoire.

Vers la fin du XVe siècle, des navigateurs portugais découvrirent ses côtes et y établirent, dès 1484, plusieurs comptoirs, cédés plus tard aux Hollandais, puis aux Anglais par le traité de Bréda (1667). En 1871, la Côte de l'Or devint colonie britannique, mais l'Angleterre, avant de placer sous son autorité effective les peuplades de l'intérieur, dut guerroyer à plusieurs reprises contre elles. En particulier, elle organisa diverses campagnes très rudes contre les Achantis. Rasant même leur capitale Koumassi, elle ne put se débarrasser de leur roi Prempreh qu'en l'exilant dans l'île de Seychelles (1901). Par la suite, les relations s'améliorèrent : en 1922, le Gouverneur britannique autorisa le retour du « Tabouret », symbole de la souveraineté royale indigène et, deux ans plus tard, il libéra Prempreh et le rétablit comme « Omahene » ou chef suprême dans son ancienne capitale Koumassi; en 1935, il proclama le neveu du roi noir Agyeman, roi des Achantis. Aujourd'hui, la Côte de l'Or compte 5 000 000 d'habitants appartenant à deux principaux groupes ethniques : les Fantis qui vivent sur les rives marécageuses de l'Atlantique, le long du Golfe, et les Achantis qui habitent l'intérieur, pays de steppes et de plateaux forestiers plus salubres. A l'instigation du Gouverneur britannique résidant à Akra et du Dr Nkrumah, chez du parti de la Convention populaire, les indigènes se sont groupés en un vaste mouvement qui réunit 90 pour 100 des voix indigènes, lors des élections de janvier 1951. Enfin, d'après la Constitution qui leur a été



Fig. 2. — *Indigènes autour d'un puits.*

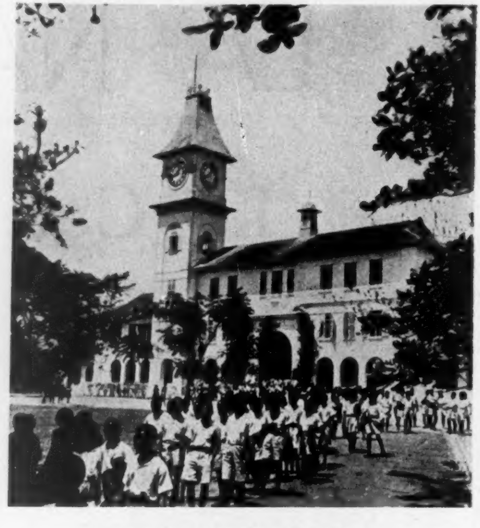


Fig. 3. — *Le collège d'Achiniota.*

octroyée, le Conseil exécutif, assemblé pour la première fois le 26 février 1951, comprend 8 Africains et 3 Européens. Selon les indications données par M. Holman Jameson dans *Le Monde* (16 mai 1951), le parti du Dr Nkrumah demande maintenant une complète autonomie qui ne lui a pas encore été accordée.

Cette « ancienne colonie de la Couronne » comprenait trois parties administratives : le « Gold Coast » proprement dit ayant pour chef-lieu Akra, résidence du Gouverneur anglais, le pays des Achantis dont la capitale est Koumassi et les « Territoires du Nord » dont les principales agglomérations sont Salaga et Gambaga.

Climat. — Dans ces régions humides, l'année climatique se partage en deux saisons : l'une pluvieuse, l'autre sèche. Celle-ci dure de novembre à mars, et le « Harmattan » ou vent nord-est venant du Sahara souffle alors assez souvent. De même, pendant le « Harmattan », les nuits comme les matinées sont froides, si bien que la température moyenne demeure inférieure à celle des autres contrées tropicales. Pendant la saison humide, il ne se passe guère de journée sans averse, notamment dans les territoires septentrionaux.

Ressources. — Au point de vue géologique et géographique, on distingue deux régions naturelles : l'une basse, malsaine et généralement très boisée près du littoral, l'autre formée de plateaux et de steppes auxquelles succède plus au nord, une forêt moins épaisse, mais dans laquelle on trouve des bois précieux, entre autres l'acajou. Une voie ferrée desservant la province centrale permet de transporter les troncs d'arbres abattus à Koumassi où on les rassemble avant de les diriger sur le port de Takoradi où ils sont embarqués pour l'Europe.

Les produits minéraux ne manquent pas. Dans le pays des Achantis et dans plusieurs endroits des territoires septentrionaux on a trouvé des gîtes de quartz aurifère, d'où on extrait depuis un demi-siècle, de très appréciables quantités d'or qui ont valu son nom à cette contrée. Dans la province occidentale,

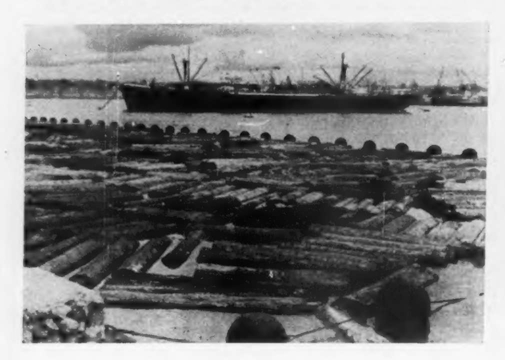


Fig. 4. — *Les bois dans le port de Takoradi.*



Fig. 5. — *Une place d'Akra, capitale de la Côte de l'Or.*

on a découvert d'importantes mines de manganèse. Des appareils de manutention et de levage récemment installés dans le port de Takoradi en facilitent l'exportation. Des ingénieurs du Service anglais des recherches géologiques ont également prospecté, près de Mpraeso, le plateau de Kwashou et les pentes du Mont Ejouanema. Ils ont reconnu que ces terrains recèlent en divers endroits de la bauxite d'une pureté exceptionnelle. Dans la région de Sefwi-Bekwai, on a rencontré le même hydrate naturel d'alumine en couches plus épaisses, mais d'une teneur métallique inférieure. Quant aux mines de diamant exploitées aujourd'hui dans le pays et sur lesquelles leurs premiers découvreurs avaient fondé de grandes espérances, elles ne sauraient concurrencer d'une manière sérieuse celles du Cap ou du Brésil.

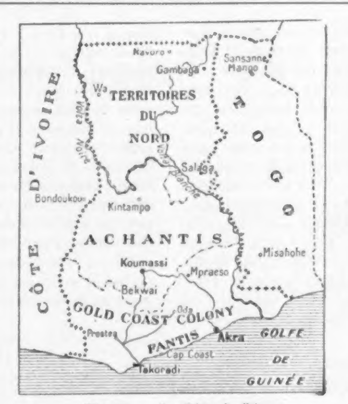


Fig. 6. — *La Côte de l'Or.*

A côté des produits du sous-sol, la Côte de l'Or possède des richesses agricoles importantes et variées, entre autres l'agave-sisal, le palmier à huile, le kolatier et surtout le cacao dont elle fournit la moitié de l'approvisionnement mondial.

Les plantations d'agave-sisal sont situées presque toutes à 4 ou 5 km autour d'Akra et tendent à s'accroître. Les corderies européennes et américaines utilisent, en effet, de plus en plus les fibres très résistantes de ces plantes qui suppléent convenablement à la pénurie de chanvre.

Au temps de la récolte les indigènes armés de longs couteaux spéciaux, élaguent chaque pied en sectionnant les feuilles au ras des tiges, puis ils coupent les piquants des arêtes et des extrémités. Ils lient, ensuite, ces feuilles en bottes qu'ils entassent sur des chariots pour les conduire jusqu'aux ateliers de nettoyage. Là, après grattage superficiel, on les abandonne quelque temps aux intempéries. Cette exposition à l'air fait pourrir la pulpe gommeuse agglomérant les fibres qu'on presse ultérieurement afin de les expédier sous forme de ballots. Cette culture est assez lucrative. Un hectare emblavé avec 2 000 pieds d'agave-sisal (fournissant chacun 25 feuilles) produit, en moyenne, 1 400 kg de fibres sèches avec lesquelles on fabrique toutes espèces de cordages, depuis les ficelles ordinaires jusqu'aux gros câbles de marine. On en retire en outre 28 t de pulpe fraîche d'où, selon M. Paul Baud, on extrairait facilement 700 l d'alcool et 400 kg de pâte de cellulose transformable en excellent papier d'emballage.

Les palmiers à huile se rencontrent un peu partout dans les régions forestières. Les kolatiers poussent en abondance dans le pays des Achantis, tandis que les cocotiers dont les noix fournissent le coprah prospèrent plus bas, dans la région côtière, aux environs de Keta.

Pour cultiver les céréales ou les légumes, les Achantis comme les Fantis emploient encore des méthodes primitives. Ils labourent les champs avec des charrues rudimentaires traînées par des bœufs; ils se servent d'énormes cuves cylindriques en poterie grossière couvertes d'un toit de chaume pour conserver leurs grains. Cependant, les Anglais se sont efforcés, depuis plusieurs années, d'enseigner aux indigènes des procédés plus modernes. Ils ont installé à Koumassi un centre agricole où les



Fig. 7. — *La cueillette des noix de palme.*



Fig. 8. — *Un cacaoyer portant ses fruits.*

jeunes paysans peuvent venir apprendre des notions plus modernes pour cultiver leurs champs, élever leurs bestiaux et leurs poules, combattre les insectes et les parasites des plantes.

Si des compagnies européennes aux moyens financiers puissants exploitent les gisements de bauxite ou de manganèse, les plantations d'agaves ou les palmiers à huile et ont créé quelques autres industries locales, le cacao tient la première place dans l'économie de la « Gold Coast » et, jusqu'ici, les nationaux de couleur s'en occupent seuls. Afin d'empêcher toute intrusion étrangère, les planteurs Achantis et Fantis sont tous réunis dans une « Fédération africaine du cacao ». Cet organisme a bataillé énergiquement à plusieurs reprises et avec succès pour défendre les intérêts indigènes de la colonie. Ainsi en 1937, lorsque plusieurs acheteurs européens voulurent fixer les cours, la Fédération boycotta les produits britanniques et fit baisser les importations provenant de la métropole de 12 à 6 000 000 de livres sterling. Londres dut déléguer une commission qui condamna le « Pool », tandis que le Colonial Office facilitait l'écoulement du cacao sur divers marchés. En 1948, les autorités anglaises décrétèrent encore, d'accord avec la Fédération, une hausse des prix qui favorisa les planteurs Fantis et Achantis. Cette décision perturba même quelque peu les intérêts des populations françaises du Togo et de la Côte d'Ivoire; en effet, la culture du cacao et celle du café marchent de pair en Afrique française. Or le coût actuel de la main-d'œuvre noire rend onéreuse l'exploitation des caféiers et nos agronomes coloniaux les cultivent de moins en moins; aussi le ravitaillement de notre pays en café africain devient-il de plus en plus difficile et les cours fixés pour le cacao n'ont fait qu'aggraver cette situation.

Tel est l'état actuel de la Côte de l'Or. On y observe la même évolution que dans le reste du monde africain noir, singulièrement accélérée partout depuis la dernière guerre.

JACQUES BOYER.

La cire de Carnauba et l'étude des diélectriques

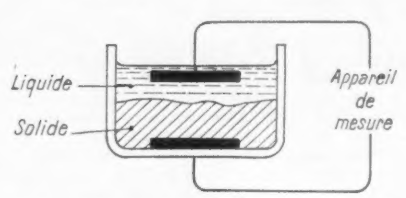


Fig. 1. — ***Mise en évidence de l'effet thermo-diélectrique***
(d'après Y. Rocard, *Électricité*, Masson).

La Nature a signalé dans son dernier numéro les multiples services rendus par un palmier du nord du Brésil, le Carnauba (*Copernicia cerifera*), et notamment par la cire que produit cet extraordinaire végétal prospérant dans les régions arides. Il convient de rappeler en outre l'intérêt scientifique de la cire de Carnauba, qui a été l'objet et l'occasion de découvertes importantes en électricité.

Quand un diélectrique est placé dans un champ électrique, il acquiert un moment électrique de polarisation. Si on supprime le champ, la polarisation disparaît. La cire de Carnauba fait toutefois exception. Si on lui applique un champ électrique très intense dans des circonstances particulières, par exemple au moment de sa solidification après fusion, elle conserve ensuite son moment électrique en l'absence du champ. Le solide conservé est l'équivalent électrostatique d'un aimant permanent; on lui donne le nom d'*électret*. Dans les électrets comme dans les aimants, on observe des phénomènes d'hystérésis quand le champ varie. Quelques autres diélectriques peuvent être utilisés pour réaliser des électrets.

C'est en étudiant les propriétés de la cire de Carnauba que J. Costa de Ribeiro a découvert, en 1942, à Rio-de-Janeiro, une propriété des diélectriques, tout à fait générale cette fois : *un courant est associé au changement d'état physique d'un diélectrique*. Considérons par exemple un diélectrique présent sous les deux phases solide et liquide (fig. 1). Si le corps est en train de fondre, un échange de charges s'établit entre le solide et le liquide; on met en évidence le courant en fermant le circuit solide-liquide par un conducteur extérieur où s'intercale un appareil de mesure. Si au contraire le diélectrique se solidifie, le déplacement des charges se fait en sens inverse. Dans les deux cas, le courant augmente avec la vitesse du changement d'état. Dans le cas de la cire de Carnauba, les charges déplacées sont de $-0{,}3 \cdot 10^{-9}$ coulomb par gramme (on compte positivement un transport de charges positives du liquide au solide pendant la solidification); pour le naphtalène, l'échange est de $+3{,}9 \cdot 10^{-9}$ coulomb par gramme. En général, le transport des charges est plus faible, de l'ordre de 10^{-12} ampère par seconde et par gramme de matière changeant d'état.

Ce phénomène est un véritable *effet thermo-diélectrique* et c'est le nom qu'on lui donne. Les corps à molécule non polaire, comme la cire de Carnauba et le naphtalène, et ceux dont la molécule possède une double liaison présentent l'effet le plus intense. Mais pourquoi cet échange d'une seule charge élémentaire pour 10^{11} à 10^{12} molécules changeant d'état ? L'explication de l'effet thermo-diélectrique est encore à trouver.

L. T.

Une centrale électrique à réaction

La première centrale électrique expérimentale à réaction, actuellement en construction à l'Établissement national de la Turbine à Gaz du Ministère de l'Approvisionnement, à Farnborough, doit entrer en service à la fin de 1952.

Le moteur développera une puissance de 10 000 kW, c'est-à-dire 1/40 environ de la puissance produite par une grosse centrale. On tirera de la construction et du fonctionnement de cette centrale des enseignements précieux qui pourraient au mieux conduire à l'installation d'un réseau de centrales électriques à réaction s'étendant sur tout le pays. Déjà, trois autres centrales électriques à turbines à gaz sont en construction pour le compte de l'Électricité d'Angleterre et du Bureau hydro-électrique du nord de l'Écosse.

La turbine à gaz de la centrale comprendra deux sections principales. Une turbine à basse pression tournant à 2 800 tours-minute comprimera l'air nécessaire à la turbine à haute pression ; celle-ci tournera à 3 000 tours-minute et entraînera un alternateur. Les deux groupes seront alimentés au pétrole lampant ou au gas-oil.

L'éclipse de Soleil du 25 février

Les éclipses totales observables sont rares. Les observations sont souvent gênées, en outre, par de mauvaises conditions météorologiques. Rareté et difficulté d'observation confèrent à toute expédition d'éclipse une importance telle que, pendant des mois, de nombreux astronomes de toutes nationalités préparent avec soin les quelques minutes où ils pourront recueillir des documents qu'ils mettront des années à dépouiller.

Le 25 février 1952, l'ombre de la lune se déplacera sur la terre, comme l'indique notre figure. Cette éclipse totale aura sa durée la plus grande, trois minutes, au milieu du trajet de l'ombre, dans la région de Khartoum (Soudan). Cette durée est relativement grande : une éclipse de soleil a rarement une durée supérieure à une ou deux minutes. L'éclipse de février 1952 aura d'autres avantages; la région de Khartoum est assez proche de l'équateur; le soleil sera donc assez haut sur l'horizon. Par suite l'atmosphère terrestre, traversée sur une faible épaisseur, affaiblira au minimum le rayonnement solaire; de plus la lumière parasite diffusée par l'atmosphère, et qui nous masque les phénomènes intéressants, sera dans ce cas assez faible. Enfin, le mois de février appartient à la saison sèche de la région de Khartoum : on peut prévoir un temps idéal et un ciel clair. Le seul inconvénient possible est un vent fort, accompagné d'une tempête de sable.



Profitant de ces conditions dans l'ensemble très favorables, de nombreuses missions iront observer l'éclipse dans des buts différents, en utilisant différentes techniques, aussi bien classiques (optiques) que récentes (radar).

Lorsque le soleil est masqué par la lune, seule la lumière des régions extérieures, *chromosphère* et *couronne*, peut nous parvenir. En dehors des éclipses, ces régions, masquées par la lumière très intense diffusée par notre atmosphère, sont inobservables. L'étude de ces régions n'a longtemps été possible que pendant ces quelques rares minutes des éclipses totales. C'est l'observation, même grossière, de la chromosphère et de la couronne qui fut le but unique des expéditions d'éclipse du dernier demi-siècle. Mais depuis quelques années, grâce au *coronographe* imaginé par Bernard Lyot, on peut suivre de façon continue l'évolution du spectre de la couronne, comme on pouvait déjà, grâce au *spectrohéliographe*, étudier en détail la chromosphère.

Les buts des astronomes ne sont donc plus maintenant les mêmes qu'avant ces deux inventions. Il s'agit de préciser la structure de la couronne, la structure de la chromosphère dont ces appareils ne permettent souvent d'avoir qu'une idée globale, ou incomplète.

La couronne émet des *ondes radioélectriques*. C'est l'étude de ce rayonnement qui formera cette année le but principal de la mission française du Bureau des Longitudes. L'équipe dirigée par M. Laffineur, de l'Institut d'Astrophysique de Paris, étudiera le soleil sur plusieurs longueurs d'onde décimétriques et métriques, à l'aide d'un réflecteur parabolique de radar. Un tel récepteur ne permettra pas d'étudier séparément les différents points du soleil : il reçoit l'énergie émise de façon globale par toutes les régions de l'astre. Pendant une éclipse, une partie du rayonnement est arrêté par la lune : la variation de l'intensité reçue au cours de l'éclipse permettra de connaître le rôle de chaque région dans le rayonnement global.

L'équipe française de radio-astronomie ne sera pas la seule. Les U.S.A. envoient des missions à Libreville (Gabon), Bangui (A.E.F.), Khartoum. La Grande-Bretagne aura une équipe de radio-astronomes, dirigée par le docteur Hey, qui observera l'éclipse à Bassorah (Irak). Au Congo, un radar belge sera en service. Enfin de nombreux observateurs étudieront un peu partout, à Paris en particulier, l'éclipse partielle dont l'intérêt n'est nullement négligeable. Ces différentes missions ne font pas double emploi : le soleil pourra être étudié dans un grand nombre de longueurs d'onde radio, et les résultats en seront d'autant plus sûrs.

L'étude optique de la couronne n'en sera pas négligée pour autant. Bernard Lyot a inscrit à son programme des études spectroscopiques poussées de la couronne, afin de préciser la structure détaillée du spectre étrange de ce gaz ténu formé principalement d'électrons, à une température d'un million de degrés. Les chercheurs français poursuivront aussi l'étude des régions de la couronne les plus éloignées du soleil. Selon les théoriciens, cette *couronne extérieure* n'a pas la même structure que la partie de la couronne connue jusqu'à présent. Cette intéressante région de l'atmosphère solaire est peu lumineuse; les trois minutes de l'éclipse suffiront à peine pour obtenir des photographies de la couronne extérieure : il faut renoncer, dans une telle étude, à l'obtention de spectres très détaillés, qui exigent une assez grande quantité de lumière.

La mission française ne se propose pas d'étudier optiquement la chromosphère. Entre autres recherches, l'équipe anglo-néerlandaise des professeurs Redman, Zanstra, Houtgast, s'y consacrera. Une équipe italienne nombreuse étudiera également l'éclipse, à El Obeïd (Soudan).

Enfin, des groupes de chercheurs non astronomes étudieront également l'éclipse comme un moyen d'exploration de la haute atmosphère. C'est le cas du professeur Dauvillier, qui travaillera à Khartoum, et du R. P. Lejay dont l'équipe se rendra en A.E.F.

Le croquis d'ensemble que je viens de tracer ne saurait donner qu'une vague idée des efforts fournis, de la diversité des techniques utilisées, de l'intérêt multiple des problèmes à résoudre.

J. C. Pecker.

LA NATURE ARTISTE

Y A-T-IL UN « ART » AVANT LA VIE ?

Est-il possible de parler sans abus d'une « nature artiste » ? L'art est habituellement considéré comme le privilège de l'homme, l'instrument et le produit de son activité créatrice, la marque et l'étalon de son niveau de civilisation. On admet cependant l'existence d'un art chez les hommes les plus primitifs, chez les « sauvages » que l'on rencontre encore en quelques contrées. Il y a aussi un art chez les enfants, fût-il à l'état d'ébauche, et celui que l'on étudie chez les malades mentaux. Le mot s'applique encore aux travaux ou aux jeux de quelques espèces animales. Dès lors, il semble difficile de le refuser à la nature dans la production de tant de formes de la vie animale ou végétale, et même, plus humblement encore, dans celles du monde minéral.

Fig. 1. — *Cristaux de neige.*
D'après J. Glaisher (1855). Hellmann, *Schneekrystalle*, 1893.
(*Bibliothèque du Museum*).

On passe ainsi par des nuances presque insaisissables du degré inférieur au plus élevé, c'est-à-dire du domaine des actions mécaniques et entièrement déterminées à celui des actes supérieurs de l'intelligence et de la volonté libre qui définissent l'humanité.

Il existe d'ailleurs d'autres rapports entre le travail de la nature et celui de l'homme : ce sont ceux qui ont si longtemps entretenu la croyance que l'art n'avait pas d'autre but que d'*imiter* la nature. Si cette obscure théorie de l'imitation est aujourd'hui abandonnée, des rapports subsistent, qui ne sont pas évidents seulement dans les modes figuratifs, mais dans tant de motifs, de thèmes et de schèmes qui inspirent aux modes décoratifs d'inépuisables variations.

Si les prétendues manifestations d'art que nous découvrons dans les phénomènes de l'univers ne sont que des produits de notre imagination — des inventions de l'*Homo artifex* qui veille ou qui dort en chacun de nous —, le paradoxe d'une « nature artiste » doit nous aider à poser le problème de ces échanges en termes plus clairs et à mieux comprendre pourquoi, même dans l'imitation, l'art ne consiste à pas imiter la nature, mais précisément à faire autre chose, et surtout à faire autrement.

* * *

Beaucoup de nos contemporains ne distinguent pas, ou seulement avec peine, qu'entre la beauté d'un objet quelconque et celle d'une œuvre d'art, la différence n'est pas de degré, mais d'essence. Si nous admirons une très belle femme dans son portrait, nous admirons tout autre chose dans un tableau dont le sujet peut être indifféremment une femme très belle ou un affreux laideron. Il s'agit dans le premier cas de beauté naturelle; dans le second, de beauté esthétique. Certains aspects de la nature, certains objets ou certaines attitudes se présentent cependant avec des caractères si proches de l'œuvre d'art, comme des « modèles » si bien conditionnés que l'œuvre y semble toute faite d'avance et ne demande qu'à être reproduite telle que nous la voyons. En réalité, une silhouette intéressante ou un accord de tons exquis ne constituent pas plus un tableau que le cahot régulier du chemin de fer ne représente le thème d'une symphonie. Les deux phénomènes s'offrent comme les éléments d'un *devenir* possible, qui n'attend que le souffle du génie. On y verra tout au plus, avec Charles Lalo, des éléments « pseudo-esthétiques », ou avec Étienne Souriau, des phénomènes susceptibles d' « esthétisation », ou ce que j'appellerais encore, si l'on préfère, des conditions « pré-esthétiques ». La chose proprement esthétique ne sera constituée que si l'artiste répond à l'invitation de ce hasard, cherché ou inattendu, et pousse l'aventure jusqu'à son extrême réussite dans l'achèvement d'une œuvre d'art.

Quels sont donc, parmi tant d'aspects du monde, ceux où nous entrevoyons et croyons apercevoir déjà l'œuvre future — au point que c'est la nature cette fois qui semble imiter le travail de l'homme — et que leur manque-t-il pour s'achever en ce que l'on a défini, de façon juste et un peu grossière, *homo additus naturæ ?*

Les plus nombreux de ces aspects paraissent à nos regards avec l'homme et les actions humaines, beaucoup d'autres encore avec la vie animale et ses comportements si variés, un grand choix aussi dans le monde végétal, si riche de lignes, de galbes et de couleurs, et d'autres enfin dans le domaine du minéral pur, physiquement le plus étendu, mais le moins divers et le moins nuancé, que sa pauvreté même désigne pour notre commencement.

* * *

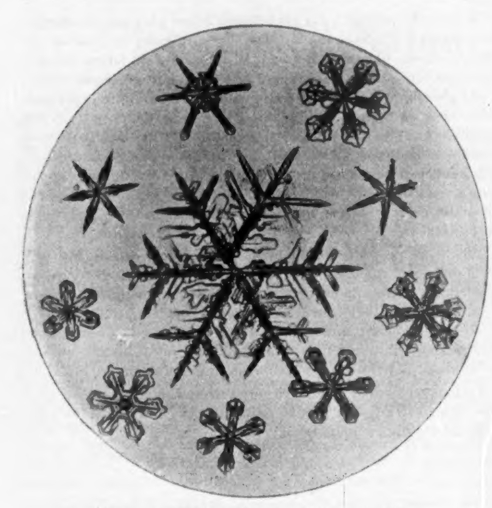


Fig. 2. — *Photographie de cristaux de neige.*
D'après NEUHAUSS. HELLMANN, *op. cit.*

Si l'ampleur du sujet justifie l'arbitraire de ce choix, nous ne devons pas oublier ce qu'il y a d'artificiel dans la considération d'un monde réduit au minéral. Jamais l'homme n'a vécu dans un tel milieu, où lui seraient refusés les moyens d'existence les plus urgents, et si parfois il s'aventure « aux lieux où rien ne vit », c'est muni de réserves et de précautions qui lui permettront de subsister durant l'expédition. Dans ces lieux sans mammifères ni reptiles, sans oiseaux ni poissons, la lumière n'éclaire que des étendues solides, liquides ou gazeuses dont l'aspect ne présente que rarement, et seulement à leur moindre degré, ce que nous appelons des formes. Montagnes (massifs, chaînes et puys), plaines avec des collines et des vallons, font des ensembles à peu près amorphes que seul notre sens d'identification, d'ordre, d'équilibre, permet de ramener à des figures relativement simples. L'eau ne présente que la surface immobile d'une mare ou celle ondulante d'un grand lac ou d'un océan; le ciel, qu'une surface nue, dont la coloration change avec l'heure et se dégrade insensiblement du zénith à l'horizon, ou bien des amas de nuages qui se rapprochent plus ou moins des formes simples.

Dans ces solitudes hostiles, c'est donc au ciel, c'est-à-dire loin de nous, hors de notre portée, qu'apparaissent les premières ébauches de ce que nous appelons des formes — dont le cercle du soleil et celui de la pleine lune — et qu'apparaît surtout cette « qualité » ou « qualification de la forme » qu'est la couleur : tandis que la terre ne possède en général que reliefs incertains et tons neutres — variant généralement du brun au gris —, les jeux de la lumière dans l'épaisseur de l'air produisent toutes les nuances de la gamme chromatique la plus étendue, que la surface de l'eau reflète en les atténuant un peu.

Quant au ciel nocturne, où des points lumineux apparaissent, dans lesquels on s'est si longtemps évertué à découvrir des « figures », celles-ci (Scorpion, Balance, Lyre, etc.) ont été régulièrement empruntées au monde animal ou aux objets de notre industrie.

Au total, abstraction faite de la lumière et de ses fantasmagories — c'est-à-dire du soleil, « sans qui les choses ne seraient que ce qu'elles sont » (pour un aveugle) — la nature brute se réduit à des objets amorphes et à des ensembles sans structure ou faiblement structurés. C'est, pourrait-on dire, un monde, non point dissymétrique (car le mot implique une référence à la symétrie, que nous ne connaissons pas encore), mais un monde *asymétrique*.

*
* *

Ainsi se présente ce monde, du moins généralement, et seulement à notre échelle.

Généralement, car l'œil humain perçoit çà et là, dans la diversité des états du minéral, des « constructions » d'un type très caractéristique, dans la régularité desquelles on tend aujourd'hui à reconnaître, d'une part, des modèles agrandis des ultimes constituants de la matière, et, d'autre part, des types d'éléments dont un certain accroissement en complexité suffirait à réunir les conditions de la vie au stade élémentaire.

Les *cristaux* se distinguent donc, dans ce monde amorphe, par des éléments de symétrie remarquables : arêtes droites et parallèles, circonscrivant des faces planes où l'on reconnaît des rectangles, des triangles, des hexagones surtout. Ce dernier système caractérise la plupart des cristaux de neige dont la microphotographie nous a révélé, par milliers, des formules dont certaines semblent défier l'imagination inventive de nos décorateurs. Le dispositif en est toujours semblable : plan hexagonal régulier ou plan triangulaire à sommets abattus constituant un hexagone inégal, mais symétrique.

Ce ne sont évidemment pas les cristaux, même visibles à l'œil nu, qui ont pu inspirer à l'homme le goût de la symétrie que l'on observe déjà dans les produits de son industrie primitive. Aussi bien ne trouvons-nous pas, dans la grande variété des formes étudiées en cristallographie, un type de symétrie d'un ordre plus subtil, qui n'apparaît dans la nature qu'avec les êtres



Fig. 3. — *Fleurs de givre sur une vitre.*
Ici la nature minérale imite la nature vivante.
(*Photo* J. BOYER)

animés, plantes et animaux, le *pentagone*, qui est précisément d'une application très générale dans les formes supérieures de l'art.

. . .

L'on doit cependant distinguer dans le monde minéral d'autres éléments qui n'ont pu manquer d'influer sur le travail humain, en lui apportant l'exemple d'un autre genre de symétrie : la périodicité qui est, transposée dans la durée, le type le plus simple de symétrie dont les cristaux nous ont donné l'image immobile dans l'espace.

L'eau qui tombe goutte à goutte décrit dans l'espace un mouvement que l'œil et l'oreille peuvent enregistrer simultanément — modèle le plus simple d'une périodicité à la fois visible et audible. Le même phénomène est également perceptible par les deux sens [1] dans le mouvement des vagues de la mer, lorsque l'eau roule sur le sable de la plage ou heurte la paroi de la falaise.

1. Sans compter, à l'occasion, le sens tactile, ainsi que la sensibilité musculaire, thermique, labyrinthique...

On rattache parfois à des périodicités d'une plus grande amplitude, comme l'alternance du jour et de la nuit, de l'été et de l'hiver, ou des phases de la Lune, la conscience du temps écoulé. Bien que l'on puisse aussi rapporter l'origine d'une durée vécue à des phénomènes sensibles d'une autre sorte, comme la fatigue et le repos, la faim et la satiété, le froid et le chaud, etc., il est probable que ces phénomènes si remarquables ont agi de bonne heure sur l'activité fabricatrice de l'homme, soit désintéressée, soit associée à des pratiques de magie, et que ce que nous appelons si confusément le « rythme », élément capital dans l'art, ait l'une de ses sources dans l'univers antérieur à l'apparition de la vie...

Mais c'est peut-être anticiper à l'excès. Si le monde minéral se signale par quelques phénomènes chromatiques et symétriques dont l'importance ne doit pas être sous-estimée, ceux-ci n'ont pu *s'esthétiser* que dans la mesure où ils correspondaient à des phénomènes biologiques à travers lesquels l'homme se sentirait en communion avec le grand être de la nature auquel sa destinée individuelle se trouverait indissolublement liée.

Formes ou couleurs, symétries ou rythmes, c'étaient, bien plus que des modèles, des « matériaux » pour une entreprise qui exigeait d'autres « matières ».

ROGER LUTIGNEAUX.

Les oligoéléments

On sait que le terme d'*oligoélément* a été créé par Gabriel Bertrand (le préfixe grec *oligos* signifiant peu nombreux) pour désigner les éléments, métaux et métalloïdes, qui, dans le cycle chimique de la vie, interviennent en quantité infime par rapport à ceux qui constituent la masse substantielle des espèces vivantes.

Bien qu'ils n'interviennent qu'à l'état de traces, les oligoéléments jouent un rôle essentiel dans les processus vitaux; aussi leur découverte représente-t-elle une des acquisitions capitales de la biochimie contemporaine. L'étude de ces véritables catalyseurs biologiques minéraux, qui ouvre de si vastes et si profondes perspectives, se montre déjà fertile en conséquences, tant en médecine végétale qu'en médecine animale.

Au départ, une piquante anecdote, demeurée jusqu'ici inédite.

Cela se passait au Ve Congrès International de Chimie Appliquée qui se tint à Berlin en juin 1903. Gabriel Bertrand y présentait pour la première fois, dans la section de chimie agricole, ses travaux sur la question et, conscient de l'envergure des recherches de la plus haute importance qu'il y aurait à entreprendre dans ce domaine, il engagea vivement ses collègues à étudier de leur côté le rôle des infiniment petits chimiques minéraux et l'action des « engrais complémentaires », c'est-à-dire des engrais contenant tel ou tel de ces éléments.

Or, à la suite de cette déclaration, le savant allemand qui présidait la séance s'écria textuellement : « Je ne connais pas de règlement qui nous oblige à perdre notre temps avec des propositions de fous ! ».

C'était alors un dogme fermement établi en biochimie que onze métalloïdes et métaux constituaient, en tout et pour tout, le corps des plantes, des animaux et de l'homme. Ce dogme, comme beaucoup d'autres, a vécu. Aujourd'hui, en Allemagne même, en Suède, aux États-Unis, en Espagne, il existe des laboratoires qui se consacrent activement à la seule question des oligoéléments (*Spuren Elementen*, dit-on outre-Rhin; *minor elements* ou *trace elements*, disent les Anglo-Saxons). Et les Américains vont leur dédier un Institut en faveur duquel des capitaux considérables ont été engagés. Quant à l'étendue des travaux mondiaux, elle est telle que la récente *Bibliography of the Literature on the Minor Elements and their relation to plant and animal nutrition*, publiée à New-York, ne mentionne pas moins de 10 000 publications.

Une nouvelle vitamine ?

La dernière-née des vitamines vient d'être découverte en Amérique par trois chercheurs du Collège d'agriculture de l'Illinois, B. C. Johnson, K. W. Keane et Eva M. Cohn. Il s'agit d'une vitamine de reproduction qui n'a pas encore été baptisée.

Jusqu'à présent, la plus importante des vitamines de reproduction est la vitamine E, contenue dans les huiles naturelles et, spécialement, dans l'huile de germe de blé. Johnson et son équipe ont eu l'idée de réaliser, pour des rats, un régime comportant, d'une part, des huiles synthétiques et, d'autre part, de la vitamine E. Malgré ce dernier apport, des troubles de la reproduction apparaissent et, notamment, les rates sont incapables d'élever leurs petits. Les élevages redeviennent normaux lorsqu'on ajoute à la ration alimentaire de l'huile de germe de blé.

C'est donc qu'outre la vitamine E, les huiles naturelles contiennent, soit une autre vitamine de reproduction, soit une substance nécessaire à la bonne utilisation de la vitamine E par l'organisme.

Le Bolet Satan est-il comestible ?

La comestibilité ou la toxicité de certaines espèces de champignons ont souvent donné lieu à discussion. Les unes réputées comestibles et couramment consommées, comme le Clitocybe nébuleux ou la Strophaire Coronille, ont été exceptionnellement signalées comme ayant causé des malaises. D'autres, universellement classées parmi les vénéneuses, ont été l'objet de tentatives de réhabilitation. Cette réhabilitation est depuis plusieurs années chose faite pour la Volvaire gluante et l'Amanite citrine, que l'on redoutait naguère encore à l'égal de la mortelle Amanite phalloïde. Il demeure des doutes quant à l'Amanite vireuse. Ses affinités avec la phalloïde la rendent extrêmement suspecte, mais les cas d'empoisonnement signalés ne peuvent lui être attribués en toute certitude, à cause de son extrême ressemblance avec les formes blanches de sa redoutable parente. La question pourra être tranchée au laboratoire.

Une autre procédure de réhabilitation a été introduite depuis longtemps, en faveur du Bolet Satan. Contrairement à ce que ce nom peut faire supposer, il ne s'agit d'ailleurs pas, en tout état de cause, d'un véritable criminel, mais tout au plus d'un mauvais plaisant. Vingt-quatre ou quarante-huit heures de nausées et de dérangement intestinal, ne laissant aucune trace dans la santé d'une personne normale, voilà tout ce qu'on lui reproche ordinairement. Affaire, comme on voit, de simple police. Mais de cela même ses avocats le veulent innocent. Ils rejetteraient plutôt la faute sur les plaignants, qu'ils refusent d'appeler des victimes.

Notons qu'en dehors du cercle assez étroit des mycologues compétents, le Bolet Satan est généralement méconnu. C'est une espèce assez rare, bien que dans les étés chauds et secs on puisse en trouver d'assez grandes troupes. Les profanes décorent souvent du nom de Satan plusieurs autres espèces de bolets qui ont en commun leurs vives couleurs, en particulier leurs pores rouge sang et une chair jaune bleuissant à l'air, et dont certaines, comme le *Boletus luridus* et le *Boletus erythropus*, sont d'excellents comestibles malgré leur aspect inquiétant. Le véritable *B. Satanas* a le chapeau blanchâtre et la chair blanche, parfois jaunâtre par endroits, bleuissant également à l'air. La seule confusion admissible pourrait se faire, par temps sec et pour des exemplaires âgés, entre *B. Satanas* à chapeau exceptionnellement rougeâtre et des formes restées pâles de *B. purpureus*, s'il est vrai, comme le veut E. J. Gilbert, que cette dernière espèce ait le chapeau d'abord blanc avant de passer au rouge. Ajoutons que *B. purpureus* aurait également causé de sérieuses indigestions.

Dans un récent *Bulletin de la Société linnéenne de Lyon* (mars 1951), A. Pouchet rappelait diverses expériences concernant la comestibilité du Bolet Satan. Alors que de nombreux expérimentateurs ont été incommodés par l'ingestion de 10 à 20 g seulement (vomissements et diarrhée), d'autres en ont mangé sans inconvénient, et l'on dit même que l'espèce est couramment consommée en Bohême. Tous les malaises cités ici seraient consécutifs à l'ingestion du champignon à l'état cru; à la suite des mycologues tchèques Velenovsky et Vacslav, A. Pouchet conclut donc que le Bolet Satan ne devient inoffensif qu'après une cuisson suffisante, une heure environ. L'auteur cite l'exemple d'une autre espèce, *Amanita vaginata*, comestible réputé sous le nom de « grisette », et dont une expérience a prouvé qu'elle était susceptible de causer des accidents à l'état cru. On peut ajouter de nombreux Ascomycètes (Helvelles, Morilles, Gyromitres, etc.). Il s'agit alors de l'acide helvellique, détruit par la chaleur à 60°, mais ce peut être le cas d'autres substances, toxiques ou irritantes. Toutefois, en ce qui concerne le Bolet Satan, on a cité aussi des malaises consécutifs à la consommation du champignon cuit.

Un nouveau témoignage a été versé aux débats le 5 novembre dernier par R. Joguet dans une communication à la Société Mycologique de France. Au début d'octobre, ce mycologue, ayant récolté en forêt de Rambouillet un superbe exemplaire de 1,450 kg, en a ingéré 1 100 g en trois jours; cuisson à l'huile : 15 mn pour le chapeau, 20 mn pour le pied, de sorte que l'intérieur des morceaux, assez gros, était très peu cuit.



Fig. 1. — *Le Bolet Satan.*
(Aquarelle de Mme M. Bony, Laboratoire de Cryptogamie du Muséum).

L'expérimentateur a trouvé le plat excellent, quoique sans assaisonnement, et il n'a pas ressenti le plus léger malaise.

La question est-elle tranchée ? D'une part, de très petites quantités, la plupart du temps crues il est vrai, mais quelquefois cuites aussi, ont causé des troubles. D'autre part, une quantité considérable, cuite très modérément, s'est montrée inoffensive. On peut admettre que la tolérance à ce champignon, comme à beaucoup d'autres aliments réputés indigestes, varie considérablement d'un sujet à l'autre. Pour s'en assurer, il faudrait faire absorber deux parties du même échantillon, simultanément, à deux expérimentateurs ayant fait dans le passé des expériences contradictoires.

On peut supposer aussi que la toxicité de l'espèce est sujette à des variations, ou même qu'il existe des variétés différentes. Le Bolet Satan appartient à un groupe difficile sur lequel tout n'a pas été dit.

LA FORMATION DE L'IMAGE DANS L'ŒIL

Chez l'homme, la vision joue un rôle primordial; c'est le sens qui nous apporte les renseignements les plus détaillés sur l'Univers qui nous entoure et c'est lui qui a rempli, dans l'histoire des sciences, la fonction la plus importante. Malgré l'intérêt philosophique et scientifique du sens de la vue, une connaissance tant soit peu exacte des mécanismes visuels reste peu répandue, même dans le public cultivé; beaucoup de chercheurs se sont pourtant penchés sur ces problèmes d'optique physiologique, mais, comme cette science se tient au carrefour de disciplines diverses (physique, physiologie, médecine, psychologie), elle ne rentre exactement dans l'activité de personne et n'est attaquée par chacun que sous un angle trop spécialisé; bien rares sont ceux qui, tels Helmholtz il y a un siècle, ont pu en embrasser la totalité.

Nous voudrions aujourd'hui donner un aperçu de l'évolution historique des idées concernant le fonctionnement de cet organe étonnant qu'est l'œil humain, mais en ne l'envisageant que comme *appareil d'optique* formant une image du monde extérieur sur une membrane réceptrice, la rétine.

Conceptions des anciens Grecs. — L'expérience la plus immédiate prouve que l'œil est un intermédiaire obligé dans l'élaboration de l'image visuelle (quelques alchimistes ont supposé cependant que l'homme pouvait voir avec son nombril!). Depuis que les hommes réfléchissent, ils se sont sans doute étonnés de cette constatation et ont voulu l'expliquer. Les premiers documents que nous possédions sur cette question remontent à la grande époque de la civilisation grecque classique. L'anatomie de l'œil semble mal connue à cette date, et par exemple Aristote (mort en 322 avant J.-C.) ne mentionne que les parties de l'œil qui sont visibles de l'extérieur sur un sujet vivant : la sclérotique ou blanc de l'œil; la cornée transparente, hublot bombé qui ferme en avant le globe oculaire; l'iris, diaphragme percé en son centre d'un trou noir, la pupille. Ces connaissances étaient évidemment bien maigres et les idées exposées ne sont que des rêveries spéculatives, que l'on peut ranger sous deux rubriques.

Dans l'une, la vision résulte de particules très menues qui émanent de l'objet et dont l'action sur l'œil produit la sensation; soit, comme Pythagore le pensait, que ces particules se fixent sur la pupille et soient alors perçues (comme une molécule d'un corps odorant, adsorbée par la muqueuse nasale, dans les théories modernes de l'odorat); soit, selon les platoniciens, que le faisceau de corpuscules émis par l'objet rencontre un autre faisceau émané de l'œil lui-même, et que ce soit le contact de ces faisceaux qui donne naissance à la vision (comme le contact des doigts avec un objet permet de le percevoir).

Dans l'autre théorie, soutenue en particulier par Démocrite et Aristote, un mouvement se propage à partir des corps lumineux, pénètre dans l'œil et y provoque un ébranlement interne d'où naît la sensation lumineuse (comme dans les théories actuelles de l'audition). Il est à peine besoin de faire remarquer que nous trouvons déjà là le germe des deux théories rivales de la lumière, émission et ondulations explicitées au 17e siècle, respectivement par Newton et par Huygens, et dont M. Louis de Broglie devait de nos jours, tenter la réconciliation dans sa synthèse de la mécanique ondulatoire.

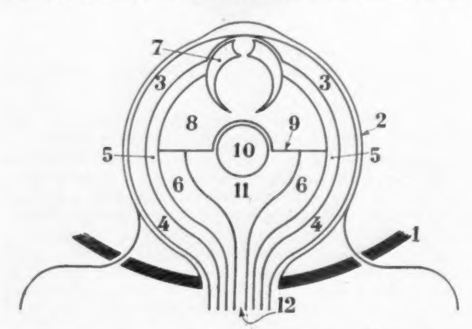


Fig. 1. — ***Dessin exécuté d'après le premier schéma connu d'œil humain (Hunain, 9e siècle).***

1, orbite ; 2, conjonctive ; 3, cornée ; 4, sclérotique ; 5, choroïde ; 6, rétine ; 7, iris ; 8, humeur aqueuse ; 9, zonule ; 10, cristallin ; 11, corps vitré ; **12, nerf optique.**

Époque alexandrine. — A la fin de l'antiquité, les médecins d'Alexandrie firent progresser considérablement nos connaissances en anatomie. Ainsi, dans un ouvrage qui nous est parvenu de Rufus d'Ephèse (2e siècle de notre ère), on trouve une description concise des trois tuniques concentriques de l'œil humain : la sclérotique à l'extérieur, puis la choroïde, enfin, à l'intérieur, la rétine qui est au contact du corps vitré, gelée transparente qui emplit l'intérieur du globe; Rufus mentionne en outre le cristallin, lentille biconvexe molle qui est placée derrière l'iris.

Dans un traité célèbre, Galien de Pergame (mort à Rome vers l'an 200), nous donne une description plus détaillée, qui fut pendant près de quinze siècles la base de toutes les connaissances en optique physiologique; il décrit correctement l'aspect du cristallin, remarque que cet organe ne possède pas de vaisseaux sanguins, et doit donc être nourri par l'intermédiaire du corps vitré, alimenté par la rétine qui est, au contraire, richement irriguée; la rétine serait une expansion du nerf optique, qui est lui-même un prolongement du cerveau (anticipation tout à fait exacte). Selon Galien, c'est le cristallin qui constitue dans l'œil l'organe récepteur essentiel; la lumière des objets extérieurs agit sur le cristallin et, par de petits filaments qui relient cet organe à la rétine, l'excitation est transmise au nerf optique et de là au cerveau; en réalité ces filaments existent bien, mais n'ont rien de nerveux, et constituent la zonule, ligament suspenseur qui maintient le cristallin en place et sert à en modifier la forme pendant l'accommodation. D'ailleurs, Galien complique et obscurcit encore ce schéma, en supposant qu'un fluide appelé *pneuma* provient du cerveau, sort de la pupille, et que sa réaction sur la lumière en provenance des objets extérieurs est un intermédiaire essentiel du processus visuel.

Cette réminiscence curieuse de l'hypothèse platonicienne, à savoir l'existence d'une émanation issue du cerveau, voire de l'œil, montre combien cette idée est chère au cœur de l'homme; elle subsiste encore d'ailleurs dans la croyance populaire : beaucoup de gens croient que les yeux de certains animaux, les chats par exemple, émettent une lumière propre pendant la nuit, alors qu'ils ne font, comme un cataphote de signalisation, que refléter les lumières extérieures; les « trente-six chandelles » que l'on perçoit à la suite d'un choc sur l'œil furent parfois aussi attribuées à une lumière réelle émise par l'œil et même Helmholtz cite un procès où le plaignant prétendait avoir

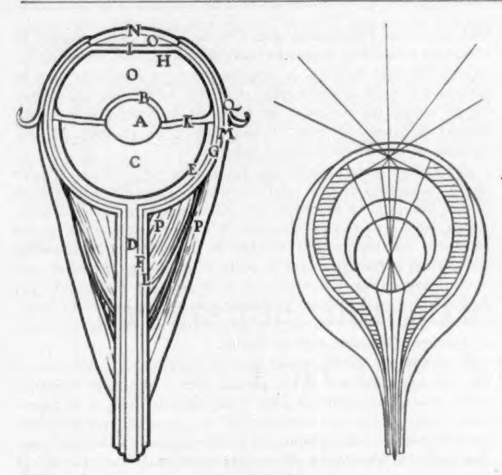


Fig. 2 et 3. — *A gauche :* ***Coupe de l'œil humain, d'après Vésale (16ᵉ siècle).***

A, cristallin ; B, capsule du cristallin ; C, corps vitré ; D, nerf optique ; E, rétine ; G, choroïde ; H, iris ; I, pupille ; K, zonule ; M, sclérotique ; N, cornée ; O, humeur aqueuse ; P, muscles ; Q, conjonctive.

A droite : ***Marche des rayons lumineux dans l'œil, d'après Vinci (16ᵉ siècle).***

reconnu son agresseur, grâce à cette lueur, dans l'obscurité complète !

Époque arabe. — La transfusion de la culture antique à la nôtre se fit grâce aux Arabes qui, du 8ᵉ au 12ᵉ siècle, après avoir assimilé l'enseignement des anciens, le divulguèrent principalement en Asie mineure.

Nous citerons tout d'abord Hunain Ibn Ishak (809-877), à qui l'on doit les premiers dessins d'œil que nous connaissions; il suit de près Galien et adopte ses erreurs, comme de décrire le nerf optique sous l'aspect d'un canal creux, ou de placer le cristallin au centre du globe de l'œil; le cristallin et la pupille sont aussi beaucoup trop petits (fig. 1).

Un autre grand nom de la science arabe est Ibn Al Haitham, plus connu sous le nom d'Alhazen (965-1038); son traité d'optique est une vaste compilation qui contient de nombreux diagrammes analogues au précédent; le cristallin, quoique plus gros, est toujours sphérique et central et Alhazen y voit, comme Galien, le siège essentiel de la vision; mais il dit nettement que ce sont uniquement les rayons lumineux qui, en pénétrant dans l'œil, provoquent la sensation et que rien n'émane de l'œil, ce qui est un grand progrès sur Galien; il est même possible qu'Alhazen ait admis qu'une image se formait, non dans le cristallin, mais dans le corps vitré. Malheureusement, les lois de la réfraction de la lumière étaient encore trop mal connues pour qu'on pût alors pousser dans cette voie, qui était la bonne.

Citons enfin Ibn Rushd, appelé aussi Averrhoès (1126-1198), qui semble le premier avoir deviné le rôle récepteur de la rétine; mais les preuves manquaient, et cette idée resta en sommeil pendant quatre siècles.

La Renaissance. — Par l'intermédiaire de l'Espagne, la tradition gréco-arabe se répandit peu à peu en Europe; Alhazen fut traduit en latin au 12ᵉ siècle et exerça une influence considérable; au 13ᵉ siècle, Vitello, Roger Bacon, Peckham, etc., recopient ses diagrammes en les géométrisant encore davantage.

Les siècles suivants n'apportent d'abord que peu de progrès, malgré des recherches anatomiques timides; ainsi le schéma de l'œil d'après André Vésale (1543) n'est guère meilleur que celui de Hunain (fig. 2), sauf que le nerf optique y est correctement représenté comme un conducteur plein, et non plus comme un tuyau creux. Vésale met aussi en doute le rôle récepteur du cristallin et suggère que la rétine pourrait remplir cette fonction.

La difficulté dans la voie du progrès venait toujours d'une méconnaissance des lois optiques de la réfraction et de la formation des images. Léonard de Vinci (1452-1519), ce génie universel de la Renaissance, buta lui aussi contre cette difficulté à laquelle il avait pourtant beaucoup réfléchi; on trouve dans ses manuscrits divers dessins qui essaient de tracer une marche des rayons dans l'œil, avec un double croisement assez bizarre (fig. 3) : Vinci admet que le trou de la pupille joue le rôle de l'ouverture dans la *chambre noire*, ce vieil appareil probablement connu dès Euclide, cité par Alhazen et que, après bien d'autres, Vinci avait découvert de nouveau en remarquant l'image renversée des objets, image formée sur le mur opposé à une fenêtre par la lumière qui pénètre dans une pièce obscure par le trou d'un volet; si ce mécanisme était seul en cause, l'image se formerait dans l'œil la tête en bas, et c'est pour éviter cet apparent paradoxe que Vinci attribua au cristallin et au corps vitré le rôle d'effectuer un nouveau croisement des rayons, qui redresse l'image.

Il semble que c'est à Maurolycus (1494-1575) que l'on doit le premier énoncé précis du fait que, pour la netteté de l'image visuelle, il ne suffit pas que de la lumière pénètre dans l'œil, il faut encore que les milieux transparents de l'œil focalisent cette lumière; Maurolycus compare avec raison l'action du cristallin à celle d'une lentille de verre qui fait converger les rayons, mais bute lui aussi contre le renversement de l'image qui lui semble inconcevable ; sinon, dit-il, on verrait les objets à l'envers.

Fig. 4. — ***Coupe horizontale de l'œil humain, d'après Scheiner (17ᵉ siècle).***

AB, diamètre transversal ; DE, axe optique ; MN, cristallin.

Le problème de l'image droite. — Ce problème obsédant, qui gêna pendant des siècles la compréhension des phénomènes visuels, est le type même de ces faux problèmes qui reposent sur un jeu de mots et ne recouvrent pas la réalité; dire que l'image est « renversée », cela a une signification précise; dire que nous « voyons droit », n'en a pas; nous voyons comme nous voyons, et appelons droits les objets qui se présentent avec leur disposition usuelle. L'erreur de raisonnement est la suivante : si nous regardions côte à côte un objet, et son image telle qu'elle se peint sur le fond de l'œil d'une autre personne, nous constaterions bien que leurs sens sont opposés; mais nous ne regardons pas notre propre image rétinienne, elle nous sert à voir, mais nous ne la voyons pas avec un « œil cérébral » qui regarderait dans l'œil ordinaire; cette image est une étape dans le mécanisme de la perception visuelle, et pas du tout un objet comme les autres. Avec un peu de réflexion, ce fantôme du problème de la « vision droite » s'évanouit en fumée.

Le dix-septième siècle. — Au début du 17e siècle, la marche des rayons lumineux dans l'œil était encore fort hypothétique, au point que Porta (1535-1615) tout en comparant une fois de plus l'œil à une *camera obscura* (il n'y a guère que la comparaison plus moderne de l'œil à un appareil photographique qui ait été davantage employée, sans guère plus de raison d'ailleurs), se demandait si la rétine ne jouerait pas le rôle d'un miroir concave, qui projetterait ainsi une image droite sur le cristallin, lequel reprenait son vieux rôle de récepteur! Peut-être Porta avait-il regardé un œil de mammifère à *tapis* (chien, chat), dont la choroïde est en effet réfléchissante par endroits.

Pourtant, on progressait lentement vers une connaissance plus exacte de l'anatomie de l'œil; ainsi Félix Platter (1536-1614) met le cristallin à sa vraie place, au lieu de le supposer au centre du globe oculaire; en ôtant à cet organe une position géométrique privilégiée, Platter aidait à lui enlever en même temps sa prérogative usurpée de récepteur, car nos aïeux étaient très sensibles aux arguments géométriques En effet, Platter émet avec précision l'hypothèse que c'est la rétine qui constitue le récepteur lumineux, et que le cristallin ne fait que recueillir les rayons qui ont traversé la pupille pour les distribuer sur la rétine; à l'appui de cette idée, il réalisa même une expérience où on coupe sur un sujet les fibres de la zonule, qui constituaient la liaison nerveuse hypothétique entre cristallin et nerf optique, et cependant la vision subsiste.

Cet extraordinaire génie que fut Képler (1571-1630), le père de l'astronomie moderne, prit connaissance des écrits de Platter et du premier coup toucha le but autour duquel, depuis si longtemps, on tournait sans l'atteindre : c'est la réfraction des rayons lumineux par les surfaces courbes de la cornée et du cristallin qui permet la formation sur la rétine d'une image, petite et renversée, des objets extérieurs; ce renversement ne trouble pas Képler qui s'en débarrasse en disant que « l'expérience et l'activité de l'âme » redressent l'image. Toute la théorie physique de l'image rétinienne date de Képler.

Il manquait seulement une preuve expérimentale décisive, et elle fut apportée peu après par le Père Christophe Scheiner (1575-1650); il connaissait bien l'anatomie de l'œil, et le représente d'une façon très correcte (fig. 4); pour la première fois, on voit que le nerf optique ne pénètre pas dans l'œil par son axe, mais est déporté du côté nasal; ayant lu Képler et réalisant une de ses suggestions, Scheiner découpa une petite lucarne à travers la paroi postérieure de la sclérotique et de la choroïde d'un œil enlevé à un mouton, et constata qu'il se projetait effectivement sur la rétine une image nette et renversée des objets placés devant l'œil; puis il recommença la même expérience sur un œil humain mais, un peu inquiet peut-être des conséquences, l'exposa dans un ouvrage anonyme (*Rosa Ursina*, 1625). Enfin, joignant la synthèse à l'analyse, Scheiner fabriqua un œil artificiel où cornée et cristallin étaient de verre, et les humeurs intérieures de l'eau; l'image se fit bien sur la rétine.

Quelques années plus tard, Descartes recommença l'expérience de la fenêtre dans le globe oculaire (fig. 5); il représenta fort exactement sur son dessin la marche des rayons dans l'œil. La

Fig. 5. — *Marche des rayons dans l'œil, d'après Descartes.*

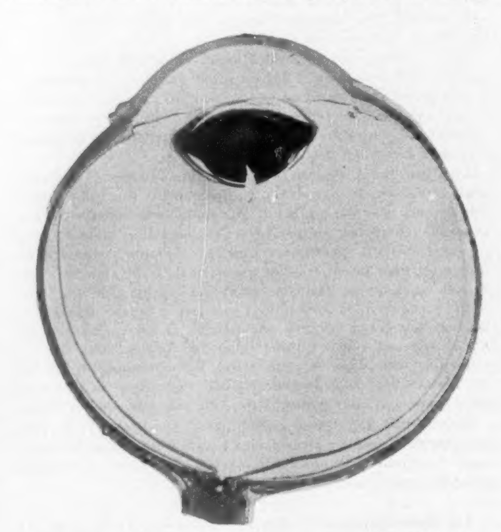


Fig. 6. — *Photographie d'une coupe horizontale d'œil humain, d'après le Dr Rochon-Duvigneaud (20e siècle).*

La séparation de la rétine d'avec la choroïde est un effet de la préparation et n'existe pas sur le vivant normal. Comparer avec la figure 5.

partie était définitivement gagnée, et la formation de l'image visuelle élucidée.

Époque moderne. — Naturellement, on a fait depuis Descartes beaucoup de progrès dans la connaissance détaillée de l'œil, mais la structure générale que nous connaissons aujourd'hui (fig. 6) est la même qu'il y a trois siècles; nous n'avons fait que fignoler le schéma de Képler.

Quant au problème de l'utilisation par l'organisme de l'image qui se peint sur la rétine, c'est là une toute autre affaire; de ce point de vue, nous en sommes encore, ou peu s'en faut, au stade de Vinci devant l'image visuelle. Il subsiste une foule de problèmes à résoudre dans les domaines de la physiologie, de la photochimie, de la conduction nerveuse, des centres cérébraux, etc. Il reste une ample moisson à recueillir, ce qui est bien heureux car, si tout était connu, la science perdrait beaucoup de son attrait.

Yves Le Grand,
Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

La grande industrie chimique en France
L'ACIDE SULFURIQUE

Dans un manuel récent de géographie consacré à la France, où l'on devrait trouver une juste idée des diverses activités de notre pays, les industries métallurgique et mécanique sont décrites en cinq pages chacune, tandis que les industries chimiques proprement dites sont traitées en... 9 lignes.

Cette constatation, qui surprend un chimiste, n'est-elle pas symptomatique de l'état d'esprit du Français moyen, qui, faute d'être suffisamment informé, ignore autant l'importance de la chimie dans le monde moderne que le développement de l'industrie chimique française. Contrairement à ce qui s'est passé dans divers pays et plus spécialement en Allemagne, on a, en effet, systématiquement négligé en France, ce souci de vulgarisation et même de propagande qui, en fixant l'attention sur le rôle essentiel de la chimie dans la vie quotidienne des individus et dans l'économie des nations, peut attirer vers celle-ci des vocations et des capitaux.

Sans avoir atteint le développement auquel elle aurait pu prétendre, l'industrie chimique française occupe pourtant une situation importante. Si, en effet, faisant abstraction de toutes les industries dont certaines, comme celle du pétrole, par exemple, mettent de plus en plus en œuvre, outre des procédés physiques, des techniques chimiques au sens strict du terme, on se limite aux industries chimiques proprement dites, on constate que celles-ci comptent aujourd'hui plus de 4 000 usines. Bien que la main-d'œuvre soit loin d'être un indice de la productivité, puisque le progrès consiste partout à remplacer l'homme par des machines, l'industrie chimique occupe plus de 150 000 salariés, dont 27 pour 100 dans la région parisienne, 16 pour 100 dans le Nord, 10 pour 100 dans l'Est et le Jura, 8,5 pour 100 dans le Lyonnais, 7 pour 100 dans les Alpes, 8 pour 100 dans la région de Marseille, 5,6 pour 100 à Toulouse et dans les Pyrénées, 6,3 pour 100 aux environs de Rouen, et on doit savoir que dans notre balance commerciale, les produits chimiques occupent, à l'exportation, la troisième place, après les textiles et les métaux.

La distinction classique entre produits minéraux et produits organiques devait naturellement conduire à deux branches distinctes auxquelles correspondaient des usines également différentes, mais, depuis une trentaine d'années, le développement de plus en plus important des synthèses organiques s'opérant au départ de produits minéraux, d'une part, l'extension des phénomènes économiques de concentration et d'intégration dans l'industrie chimique, d'autre part, ont eu pour conséquence de réunir souvent dans les mêmes usines des fabrications minérales et organiques.

Ces deux branches se différencient toutefois assez nettement par leur technique et le profane entend bien plus parler des sensationnelles réalisations de la chimie industrielle organique : colorants, parfums, médicaments, essence, textiles, que de l'industrie de la chimie minérale dont le rôle beaucoup moins spectaculaire consiste à préparer des produits intermédiaires.

C'est pourtant l'industrie chimique minérale qui constitue essentiellement une industrie de base ou industrie-clef; des productions, beaucoup moins variées que celles de la branche organique, atteignent des tonnages beaucoup plus élevés, s'exprimant en centaines de milliers de tonnes ou même en millions de tonnes.

Les quelques produits en question : acides sulfurique, chlorhydrique et azotique, ammoniac, chlore et soude, superphosphates, sont obtenus par des procédés relativement simples, connus généralement depuis de nombreuses années, mais qui, loin d'être « fixés », sont l'objet d'une évolution continue, comme l'exigent la recherche d'un prix de revient toujours plus faible, une mécanisation toujours plus poussée et aussi quelquefois, un changement des matières premières mises en œuvre, imposé par une modification des conditions économiques nationales ou mondiales.

L'évolution du vieux procédé des chambres de plomb est à ce point de vue particulièrement intéressant et typique.

Cette évolution mériterait déjà que, de temps à autre, on fasse le point et note les résultats nouvellement acquis. Un tel examen s'impose encore plus, lorsque, comme c'est le cas actuellement, les transformations deviennent rapides et dépassent largement le rythme normal de l'évolution technique.

Durant la période d'occupation, la grande industrie chimique connut non seulement une activité réduite et l'impossibilité d'entretenir ses installations, mais aussi des pillages et des destructions : aussi après la Libération, malgré la pénurie de certaines matières premières, le manque de combustibles et de courant électrique, lui fallut-il accomplir un grand effort de démarrage. Dès 1948, elle avait reconquis, et, très souvent, dépassé les positions qu'elle occupait en 1936. Mais son effort ne s'arrêta pas là et, conformément à un plan de modernisation et d'équipement, on se propose d'ici 1953 de lui assurer un développement comparable à celui qui a caractérisé l'industrie chimique de divers pays étrangers, de façon à doter l'économie française des moyens nécessaires pour élever le niveau de vie et équilibrer notre balance commerciale.

Au moment où la plupart de nos usines se transforment, profitant de leur reconstitution pour se moderniser, il est intéressant de passer en revue nos principales industries chimiques minérales. Nous commencerons par celle de l'acide sulfurique.



Fig. 1. — *Gisements de soufre de Malvézy.*
L'exploitation s'opère à ciel ouvert, après élimination des morts terrains, s'étendant sur environ 10 m de haut.

L'industrie de l'acide sulfurique

L'acide sulfurique est encore actuellement le produit chimique dont le tonnage de production est le plus important.

Il est intéressant de noter que, malgré les multiples révolutions qu'a connues le développement de l'industrie chimique depuis plus d'un siècle (la substitution du procédé Solvay au procédé Leblanc, par exemple), la proposition de J.-B. Dumas de considérer la production d'acide sulfurique d'un pays comme l'indice de son développement industriel serait toujours valable.

En effet, les statistiques publiées dans le *Federal reserve Index for industrial production* révèlent qu'il existe aux États-Unis un étroit parallélisme, de 1914 à 1947, entre les indices de la production industrielle et les tonnages d'acide sulfurique produit.

La production française actuelle est d'environ 1 200 000 t d'acide à 100 pour 100 de SO_4H_2 (acide dit monohydraté); elle est du même ordre que celle de 1938, mais le Plan de modernisation a prévu pour 1953, une production de 1 700 000 t, dont 40 pour 100 seraient utilisés par l'industrie des superphosphates, 20 pour 100 pour le sulfate d'ammonium et 10 pour 100 pour les textiles.

Depuis le début du siècle, le vieux procédé des chambres de plomb a vu naître et se développer un concurrent, le procédé de contact; mais, tandis que dans certains pays, aux États-Unis par exemple, il était nettement distancé par le nouveau venu qui, en 1944, assurait 60 pour 100 de la production américaine, il se défend très honorablement en France, puisque, en 1948, il couvrait encore 75 pour 100 de nos besoins en acide sulfurique.

Cette différence tient essentiellement au fait qu'en France, le grand débouché de l'acide sulfurique est le « super », dont la fabrication ne nécessite qu'un acide peu concentré, tel que celui provenant des chambres (62 pour 100 en SO_4H_2), et que, compte tenu des servitudes du procédé de contact, qui exige notamment une purification poussée des gaz, il est plus avantageux de préparer directement un tel acide par le procédé des chambres que par dilution de l'acide concentré obtenu par le procédé de contact. Nous verrons d'ailleurs que certains des griefs adressés au procédé des chambres ne sont plus fondés lorsque celui-ci est utilisé sous l'une de ses formes modernes.

Dans leur réalisation, l'un comme l'autre de ces deux procédés comportent deux phases bien distinctes :

1° la production de l'anhydride sulfureux;

2° l'oxydation catalytique de celui-ci, en présence des oxydes d'azote, dans le cas du procédé des chambres, en présence de platine ou surtout d'oxyde de vanadium dans le second.

La première phase est donc commune aux deux procédés; et il est logique de la traiter séparément. Elle s'opère pratiquement à partir des mêmes matières premières et pose le problème de l'obtention de celles-ci, c'est-à-dire, en fait, le problème du soufre.

Nous étudierons donc successivement :

A. le problème du soufre;
B. l'obtention de l'anhydride sulfureux;
C. le procédé des chambres;
D. le procédé de contact.

A. — ***Le soufre, matière première de l'industrie chimique.*** — Les 1 269 000 t d'acide sulfurique produit en 1948, dont 971 000 t dans les chambres et 298 000 t par contact, ont exigé 486 860 t de soufre, dont 423 520 t de soufre sous forme de pyrites, 33 600 t sous forme de blendes, 26 700 t de soufre libre et 1 540 t de soufre récupéré.

Les projets d'extension de l'industrie de l'acide sulfurique dont il a été parlé plus haut correspondent à l'utilisation de plus de 600 000 t de soufre.

Il convient d'ajouter à ces besoins annuels plus de 100 000 t de soufre réclamés par l'agriculture (la viticulture en consomme plus de 60 000 t) et celui nécessaire à la préparation de divers composés du soufre : sulfure de carbone, anhydride sulfureux, sulfites, hyposulfites, obtenus sans passer par l'acide sulfurique.

Or, nos ressources en soufre sont assez limitées : sur les 423 520 t de soufre pyritique, 17,5 pour 100 seulement sont extraites en France, les autres étant importées d'Espagne, de Norvège, de Chypre et du Canada. Les blendes, dont certaines sont traitées à façon, pour le compte des usines belges, sont pour la plupart importées.

En ce qui concerne le soufre libre, la production indigène avant 1940 était négligeable; après l'arrêt des importations, le gouvernement français s'est efforcé de créer pendant la guerre une industrie du soufre et la mise en exploitation du gisement de Malvézy, connu depuis longtemps, mais jusqu'alors non exploité, mérite d'être citée comme une belle réalisation technique, entreprise dans des conditions difficiles, et ayant fourni des résultats très intéressants. Cette exploitation conduite à ciel ouvert, après élimination des morts terrains superficiels épais de 10 m, fournit un minerai à 8 pour 100 de soufre qui, enrichi par flottage, peut fournir un produit à 85 pour 100 de soufre, duquel on peut extraire, par fusion, du soufre à 99 pour 100. Le produit commercial à 48 pour 100 de soufre, résultant du mélange du minerai brut avec du soufre à 99 pour 100 est surtout destiné aux viticulteurs. Les quantités ainsi vendues correspondent actuellement à plus de 20 000 t de soufre par an.

Quant au soufre de récupération, son appoint est jusqu'ici négligeable.

Ce bilan montre que nous sommes importateurs de soufre et que le développement de notre industrie chimique exigerait que nous développions nos achats. Mais cela est-il possible ? L'accroissement des besoins n'est pas particulier à notre pays, à une époque où tous les pays industriels intensifient leurs productions tandis que de nombreux états, dont le développement industriel était jusqu'ici limité, comme l'Hindoustan, le Pakistan, le Brésil, l'Australie, etc., veulent aussi créer une industrie chimique de base et construisent des usines.

Or, certaines mines norvégiennes de pyrites ou italiennes de soufre natif s'épuisent; les États-Unis, jusqu'ici principaux fournisseur du soufre du globe, et dont la production d'acide sulfurique a doublé entre 1938 et 1948, s'aperçoivent que l'exploitation intensive de leurs mines risque d'épuiser rapidement leurs réserves et ils sont ainsi amenés à limiter leurs exportations.

Un accroissement de la production européenne des pyrites (Espagne, Norvège, Suède, Italie, Chypre, Portugal) et du soufre (Italie), permettra-t-il d'éviter le déséquilibre entre production et besoins ? L'O.E.C.E. [1] a examiné cette question essentielle, mais il convient aussi que chaque pays s'en préoccupe et que le nôtre, en particulier, essaie de la trancher par une solution peut-être moins facile, mais certainement plus avantageuse pour notre bilan économique que l'importation.

Il s'agit essentiellement, soit de diminuer nos besoins en acide sulfurique dans la mesure où cette diminution ne nuira pas au développement industriel prévu, soit d'accroître nos ressources nationales en soufre et en produits sulfurés.

Le plan de modernisation qui, bien entendu, n'a pas oublié cet aspect du problème prévoit la recherche systématique des économies d'acide sulfurique, d'une part en le remplaçant autant que cela sera possible par d'autres acides pour la fixation de l'ammoniac et la préparation des supers, d'autre part en réduisant la consommation d'acide dans l'industrie textile par la régénération des bains de viscose. Il ne chiffre malheureusement pas les économies qu'on pourrait en espérer.

Quelles sont, d'un autre côté, les possibilités d'accroissement de nos ressources ?

Il paraît difficile de développer notre production de pyrites ou de blendes. Nous avons déjà souligné les remarquables résultats obtenus dans l'exploitation des gisements de soufre de la région de Narbonne, dont la production, non négligeable, n'est toutefois pas susceptible d'être suffisamment accrue pour satisfaire à nos besoins.

La récupération du soufre et l'utilisation du gypse (sulfate de calcium) pour la préparation de SO_2 offrent-elles plus d'espoirs ?

La récupération du soufre ne semble pas avoir retenu jusqu'ici en France toute l'attention qu'elle mérite. Alors que nous sommes importateurs de soufre, n'était-il pas surprenant de constater encore récemment qu'une usine grillant des arséniosulfures, déversait dans l'atmosphère à l'état de SO_2, environ 20 t de soufre par jour ? En admettant même que cette récupération ne soit pas simple dans les conditions particulières de l'exploitation et que l'acide sulfurique susceptible d'être produit manque localement de débouchés, un tel gaspillage de matière première est-il défendable ?

La récupération du soufre contenu dans les gaz de carbonisation de la houille, soit en cokerie, soit en usine à gaz, porterait sur des tonnages beaucoup plus considérables. Si l'on estime à 15 millions de tonnes la quantité de houille ainsi carbonisée par an et à 1 pour 100 sa teneur en soufre, on libère ansi, en grande partie à l'état d'hydrogène sulfuré, 150 000 t de soufre ! Or, la fabrication de l'acide sulfurique ne dispose que de 1 540 t de soufre récupéré; en ajoutant à ce tonnage le soufre extrait des masses épurantes utilisé en viticulture, on voit que la récupération du soufre est encore très loin de ce qu'elle pourrait être. Certes, cette récupération pose des problèmes beaucoup plus complexes que la simple élimination; on en trouverait la preuve dans le fait que de très nombreux procédés ont été proposés et qu'aucun ne s'est vraiment imposé. Sans aborder ici cet intéressant problème, il convient toutefois d'indiquer que certains, tels que les procédés Koppers et Thylox, sont largement utilisés à l'étranger, notamment en Allemagne, aux États-Unis [2] et au Japon, où des quantités considérables de soufre sont ainsi récupérées. La construction de nouvelles cokeries modernes, la concentration de l'industrie gazière qui résultera certainement de la nationalisation de celle-ci, l'utilisation sur une plus grande échelle des charbons de Fuveau riches en soufre, et surtout la pénurie croissante de soufre conduiront vraisemblablement à développer aussi en France cette récupération.

1. Organisation européenne de coopération économique.
2. Aux États-Unis, une quantité non négligeable de soufre est obtenue à partir de l'hydrogène sulfuré contenu dans les gaz naturels et dans les gaz de raffinerie.



Fig. 2. — *Gisements de soufre de Malvézy.*
Élimination des morts terrains.

Quant à l'emploi du sulfate de calcium comme matière première de l'industrie de l'acide sulfurique, il convient de rappeler que déjà certaines usines d'ammoniac fabriquent du sulfate d'ammonium en faisant agir un mélange d'ammoniac et d'anhydride carbonique sur une suspension de gypse. L'utilisation de ce même gypse pour obtenir l'anhydride sulfureux est, par contre, très peu développée. Bien que les premiers essais industriels, dus au Français Basset, datent de 1911, la seule installation existant actuellement en France, à Miramas, n'a démarré qu'en 1939, pour s'arrêter en 1940... Remise en marche à l'automne de 1950, elle produirait mensuellement 1 000 à 1 500 t d'acide sulfurique [1]. Ce procédé fournit simultanément de l'anhydride sulfureux et du ciment. La principale difficulté technique fut d'obtenir un ciment convenable; elle paraît pratiquement surmontée. On a également envisagé de préparer, par un choix judicieux des matières premières ajoutées au gypse, un clinker alumineux dont on pourrait extraire l'alumine.

Bien que ces procédés qui jumellent ainsi deux fabrications importantes, acide sulfurique et ciment ou acide sulfurique et alumine, risquent de soulever d'autres difficultés économiques, par le fait même qu'il est parfois difficile d'équilibrer les deux productions, il est vraisemblable, étant donné que nous disposons de gisements de gypse pratiquement inépuisables, que ces ressources seront mises en œuvre dans notre pays.

(à *suivre*).

H. Guérin,
Professeur à la Faculté
des Sciences de Nancy.

1. En Angleterre, l'usine de Billingham produit, depuis 1931, 100 000 t d'acide sulfurique par an par ce procédé, alors que la nouvelle usine de Merseyside doit également préparer 150 000 t par la même méthode.

Radioisotopes contre poussières

Pour éliminer, dans l'industrie textile, les inconvénients dus à l'électricité statique qui accumule des dépôts poussiéreux sur les tissus, on a recours aux radioisotopes artificiels du thallium ou du strontium enfermés dans des récipients en argent. Leur émission radioactive ionise l'air et le rend conducteur de l'électricité.

LA FLOTTATION DES MINERAIS

Application industrielle de la physico-chimie de surface

La première obligation de l'industrie minière est de fournir un minerai concentré et propre. La valeur marchande d'un produit d'extraction varie suivant sa qualité qui se mesure par la teneur en constituant utile et également, mais en sens inverse, par la teneur en certaines impuretés nuisibles. Le traitement des minerais est d'autant plus difficile et onéreux que la matière première est plus pauvre et plus impure, et il existe pour chaque minerai des limites de composition qui rendent son emploi économiquement ou techniquement impossible.

Longtemps le problème fut résolu en limitant l'exploitation aux gisements les plus riches; un triage à la main achevait le conditionnement du minerai; on laissait s'accumuler sur le terrain les roches extraites inutilisables. L'accroissement considérable de la production industrielle s'est bientôt traduit par l'épuisement ou l'insuffisance des gisements à forte teneur et a nécessité la mise au point de procédés pour enrichir les minerais moyens ou pauvres.

Le procédé d'enrichissement par gravité améliore déjà la séparation des constituants de valeur dans le cas de minerais métallifères dispersés au sein d'une gangue nettement plus légère. Les roches sont broyées et réduites en un sable qui passe sur les « tables à secousses » des laveries. Des actions mécaniques (percussions et glissements latéraux) sont combinées à celles d'un courant d'eau qui entraîne les grains légers et laisse sur la table les grains métallifères plus denses. Mais le rejet de ces tables renferme encore une proportion appréciable de métal, et, d'autre part, le procédé échoue lorsque les divers constituants ont des densités voisines ou forment un mélange intime dans des roches de texture fine.

* * *

Le procédé de la flottation date du début de ce siècle. Fondé sur des principes totalement différents, il supplante peu à peu son concurrent. D'abord appliquée aux minerais sulfurés (blende, galène, sulfures de cuivre), la flottation est devenue le procédé de choix pour l'enrichissement et la purification d'un très grand nombre de matériaux d'extraction. Elle permet même de reprendre parfois et de traiter d'une façon rentable, les résidus ou « haldes » rejetés comme gangue dans les anciennes usines de laverie par gravité.

Principe de la flottation. — L'aspect très particulier de la flottation, comparée aux autres techniques industrielles, vient de ce qu'elle fait appel aux seules propriétés de la surface des produits traités.

Le minerai, concassé et broyé en particules suffisamment fines pour individualiser les différents constituants, est mélangé avec de l'eau. De l'air injecté et pulvérisé dans la « pulpe » liquide monte en surface en entraînant ceux des grains dont les propriétés superficielles leur permettent de s'accrocher aux bulles. Le plus souvent, la flottation est menée de façon à séparer ainsi les constituants de valeur qui sont recueillis à la partie supérieure de l'appareil.

Les tensions qui prennent naissance aux surfaces de séparation des milieux solides, liquides et gazeux sont les causes du phénomène assez paradoxal de la flottabilité de composés métalliques parfois deux ou trois fois plus denses que la gangue abandonnée dans la pulpe.

Tensions interfaciales et flottabilité. — On sait que les forces attractives intermoléculaires qui causent la cohésion des molécules à l'état liquide, s'exercent notamment sur la tranche liquide qui se trouve au contact de l'air. Elles tendent à ramener les molécules superficielles dans la masse du liquide, et par là à diminuer la surface libre du liquide. Cette tendance à réduire l'aire de séparation des deux milieux s'exprime par des forces superficielles tangentes à la surface qui se manifestent lorsque le film superficiel est rompu, par exemple du fait de l'introduction d'un contour solide. Il apparaît alors par unité de longueur de la courbe de rupture une force égale à la « tension superficielle » dirigée dans le sens qui éloigne les molécules liquides du lieu de contact solide-liquide. La couche superficielle des liquides est donc sous tension, comme l'est une membrane de caoutchouc tendue, sans que l'on puisse toutefois pousser plus loin l'analogie. C'est ainsi qu'une bulle de savon percée à l'aide d'une épingle se crève et se résoud en gouttelettes.

On admet que des tensions analogues sont tangentes aux surfaces de séparation solide-liquide et solide-air. Ces tensions limitent l'effet de la tension superficielle liquide-air, lorsqu'il y a équilibre au triple contact air-liquide-solide, par exemple le long des flancs d'un récipient (fig. 1). La composante de la tension liquide-air T_{LA} parallèle à la surface du solide est alors égale à la somme géométrique des tensions solide-liquide T_{SL} et solide-air T_{SA}. Par conséquent, l'angle de raccordement θ des surfaces solide et liquide prend la valeur qui satisfait à la relation classique :

$$T_{LA} \cos \theta = T_{SA} - T_{SL}$$

Le même « angle de contact » θ se retrouve quand une goutte liquide est déposée sur un solide (fig. 2) et quand une bulle d'air adhère à un solide immergé dans un liquide (fig. 3). Ce dernier cas est celui de la flottation, lorsque les dimensions de la particule solide sont petites par rapport à celles de la bulle d'air. Le grain est d'autant mieux accroché à la bulle d'air que l'angle de contact est plus grand (fig. 4, *a* et 4, *b*) et il peut être véhiculé vers le haut si son poids est inférieur à la poussée d'Archimède appliquée à la bulle.

En considérant le comportement des particules dans le milieu

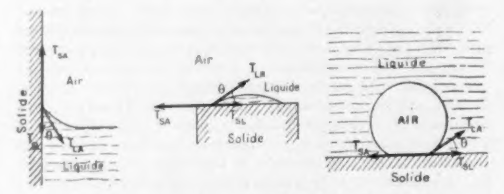


Fig. 1, 2 et 3. — *Les tensions entre milieux solide, liquide et gazeux.*
1. Tensions entre un liquide et l'air qui le surmonte, au contact d'une paroi solide. — 2. Tensions entre une goutte de liquide et une surface solide sur laquelle on l'a déposée. — 3. Tensions entre une bulle d'air et la surface solide où elle adhère.
T_{SA}, tension entre solide et air. — T_{SL}, tension entre solide et liquide. T_{LA}, tension entre liquide et air. — θ, angle de raccordement.

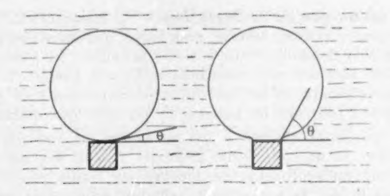


Fig. 4. — *Grain solide et bulle d'air au sein du liquide.*
A gauche, l'angle θ est petit, le grain solide n'est pas entraîné. — *A droite*, l'angle θ est grand, le grain solide adhère à la bulle d'air et est entraîné par elle ; il flotte.



Fig. 5. — *Un grain enrobé par un collecteur.*
Il se fixe par sa partie hydrophile sur la surface et présente vers le liquide sa partie hydrophobe (représentée par de petits cercles).

liquide, on dit qu'un solide à petit angle de contact est hydrophile ou mouillable, tandis qu'un solide à grand angle de contact est hydrophobe ou non mouillable. Les constituants du minerai mouillables restent dans la pulpe; ceux qui sont peu ou non mouillables sont flottés. La flottabilité des grains minéraux dépend de l'angle de contact, donc des trois tensions interfaciales et en dernière analyse de l'état de la surface des particules et de la composition du milieu aqueux.

L'art de la flottation consiste à modifier la surface des grains et la composition du liquide, de manière à créer ou à accentuer la différence de mouillabilité entre le produit intéressant et la gangue. Il se trouve, et cette circonstance a facilité les premières tentatives, que, pour certains minerais (minerais sulfurés en particulier), les composés à récupérer sont naturellement hydrophobes, tandis que la gangue siliceuse ou calcaire est mouillable. La flottation est alors tout indiquée et aisée à réaliser.

Les réactifs de flottation. — Tout un arsenal de moyens physico-chimiques est maintenant à la disposition des spécialistes de la flottation. Il comprend surtout une gamme de corps qui peuvent être ajoutés à la pulpe :

— les collecteurs et les activants pour faire flotter certains des constituants du minerai, en général les constituants de valeur;

— les dépresseurs pour empêcher la flottation des constituants momentanément ou définitivement indésirables;

— les régulateurs pour conditionner le milieu aqueux;

— les moussants pour entretenir à la surface libre de la pulpe une écume porteuse des grains flottés.

Les *réactifs collecteurs* sont des produits qui ont une affinité particulière pour les composés à flotter, dont ils couvrent la surface d'un couche monomoléculaire hydrophobe. Il existe deux types de collecteurs :

1° Les collecteurs isolubles dans l'eau, tels que les huiles de goudron, s'étalant de préférence sur les sulfures métalliques, le soufre, le charbon, le graphite; la gangue, qui leur est insensible, reste mouillable. Le mode d'attache des collecteurs insolubles semble être de nature physique, sans que l'on puisse actuellement en préciser le mécanisme.

2° Les collecteurs solubles dans l'eau, se fixant par voie chimique, sont les plus répandus. Leur molécule comporte une partie capable de se lier chimiquement à la surface des composés à flotter, et une autre de caractère hydrophobe (radical hydrocarboné). Les particules sont donc cuirassées d'une pellicule peu mouillable (fig. 5). Les collecteurs solubles sont des composés ioniques, classés en « anioniques » ou « cationiques » suivant que l'anion ou le cation possède les propriétés hydrophobes.

La réaction de fixation est, en général, du type dit « de double décomposition » : les deux espèces chimiques en présence échangent leurs radicaux ioniques.

Un collecteur anionique, par exemple un sel d'acide gras RCOONa, peut échanger son anion $RCOO^-$, porteur du groupement hydrophobe R, avec celui d'un sel de métal lourd, par exemple le carbonate de plomb CO_3Pb. La réaction donne une couche insoluble et hydrofuge du sel de plomb de l'acide gras à la surface des particules plombifères et du carbonate de sodium soluble dans l'eau.

En revanche, pour les minéraux « acides », tels que les silicates (kaolin, mica, feldspath), on utilise un collecteur cationique, par exemple un chlorhydrate d'amine RNH_3Cl. C'est alors le cation RNH_3^+ porteur du groupement hydrophobe R qui s'unit à l'anion silicique du minéral, en donnant le film superficiel insoluble et non mouillable.

Pour que les résultats soient satisfaisants, deux conditions s'imposent :

— La couche superficielle des grains à flotter doit se prêter aisément à la réaction de double décomposition. Lorsqu'elle y est réfractaire, la surface est comme on le verra plus loin, préparée à l'action des collecteurs par l'intervention préalable de réactifs activants.

— La pellicule créée par le collecteur doit être orientée de façon à présenter au milieu aqueux les terminaisons hydrophobes. Il est donc nécessaire que la surface primitive des grains soit elle-même orientée dans une certaine mesure et que l'action du collecteur ne s'étende pas au delà de la couche superficielle pour ne pas bouleverser son ordonnancement. Ici encore, l'emploi d'activants peut être indispensable pour former une couche monomoléculaire à directions privilégiées.

Les collecteurs anioniques en vogue sont des composés soufrés dont le pôle chimiquement actif est un groupement sulfhydrile SH généralement salifié (sel de sodium ou de potassium) et le groupement hydrophobe est un radical hydrocarboné (radicaux éthyl, propyl, butyl, crésyl, etc.). Tels sont les alcoyl-dithiocarbonates (« xanthates »), les aryl-dithiophosphates (« aérofloats » américains et « phosocrésols » allemands), les mercaptans. Ils sont utilisés pour la flottation des minerais d'éléments natifs et de sulfures métalliques. Parmi les autres collecteurs anioniques, les plus importants sont des acides gras sulfonés ou non et leurs sels alcalins, qui sont employés pour la flottation des minerais métallifères oxydés et carbonatés et des minerais alcalino-terreux.

Les collecteurs cationiques, derniers venus dans la famille des réactifs de flottation, comprennent surtout des chlorhydrates ou sulfates d'amines primaires et des amines quaternaires. Ils permettent de flotter les minéraux siliciques.

Les *réactifs activants* modifient la surface des particules à flotter en y créant une pellicule d'un composé réactif vis-à-vis des collecteurs.

L'activant le plus important est certainement l'air. Dès l'opération du broyage, les grains du minerai sont soumis à l'action de l'oxygène dissous dans l'eau et sont énergiquement brassés par l'air. Pour peu que certains constituants soient oxydables, leurs grains se couvrent de différents produits d'oxydation. Si ces derniers sont plus facilement attaqués par les collecteurs que le composé primitif, la flottation bénéficie de l'intervention de l'air. C'est ce qui se passe pour les sulfures métalliques dont une oxydation superficielle en sulfites et sulfates permet ensuite l'action des xanthates. A vrai dire, le rôle de l'air dans la flottation est d'une étude délicate et n'est encore qu'imparfaitement élucidé.

Parmi les réactifs activants, le sulfate de cuivre et le sulfure de sodium sont d'un emploi courant.

Le sulfate de cuivre est un activant de la blende ZnS sur laquelle il réagit en donnant une couche de sulfure de cuivre, car la blende seule se prête mal à la réaction de double décomposition avec les collecteurs.

Le sulfure de sodium est un activant des minerais métalliques oxydés et carbonatés, et notamment de la cérusite CO_3Pb. Il forme, par réaction de double décomposition, une couche de sulfure métallique (sulfure de plomb dans le cas de la cérusite) à la surface des particules métallifères.

La flottation est alors ramenée à celle des minerais sulfurés corespondants.

Les *réactifs dépresseurs*, contrairement aux collecteurs, augmentent la mouillabilité des constituants du minerai sur lesquels ils se fixent.

Les dépresseurs à action chimique réagissent sans doute suivant un mécanisme comparable à celui des collecteurs en formant à la surface des grains des films hydrophiles. Ils sont utilisés surtout pour la flottation différentielle qui consiste à faire flotter successivement et séparément les différents constituants intéressants d'un minerai. On cherche alors à déprimer tous les composés, sauf un, avant qu'ils pénètrent dans le premier circuit de flottation. Lorsque le premier constituant a été récupéré, on ajoute à la pulpe un activant approprié pour rendre flottable un deuxième constituant, et ainsi de suite. Le cyanure de sodium est le plus important de ces dépresseurs. Il empêche la flottation de la blende, de la pyrite et des sulfures de cuivre. Les sulfites alcalins produisent le même effet. Comme dépresseurs sélectifs, on utilise la chaux pour la pyrite et les bichromates alcalins pour la galène.

Une deuxième classe de dépresseurs est du type colloïdal. Ils sont destinés à déprimer définitivement la gangue, en la dispersant pour qu'elle ne s'agglomère pas sur les particules métallifères, et en augmentant son hydrophilie. Ils comprennent le silicate de sodium qui s'hydrolyse dans l'eau en silice colloïdale, et des composés organiques comme l'amidon, la gélatine, la dextrine.

Les *réactifs régulateurs* agissent sur la composition de la solution aqueuse.

Leur rôle est, d'une part, d'éliminer les ions gênants, en particulier les sels solubles de fer, d'aluminium, de chrome, et, d'autre part, de maintenir entre des limites déterminées le pH du milieu, car le taux d'acidité ou de basicité de la pulpe est souvent en relation étroite avec la flottabilité de certaines espèces minérales.

Les *réactifs moussants* sont des substances superficiellement actives qui donnent aux bulles une stabilité suffisante pour qu'on ait le temps de recueillir l'écume à la surface libre de la pulpe. Ces moussants, dont la molécule comprend une partie hydrophile et une partie hydrophobe, ont la propriété de se concentrer spontanément à l'interface liquide-air. L'intérieur et l'extérieur des bulles d'air arrivant en surface sont donc tapissés par les molécules du moussant qui présentent à l'air leurs extrémités hydrophobes. La tension superficielle apparente des bulles est ainsi notablement diminuée.

Si pour une raison quelconque, la paroi menace de se déchirer, la tension superficielle croît brusquement à cet endroit, et provoque un afflux de molécules de moussant qui préservent l'existence de la bulle. Au demeurant, la stabilité des mousses est également accrue par la présence des particules minérales accrochées aux bulles.

Les moussants les plus répandus sont : l'huile de pin, les crésols, les savons, les alcools supérieurs.

Tous les réactifs de flottation, à l'exception des régulateurs, bornent leur action à des épaisseurs pelliculaires. C'est pourquoi ils sont efficaces à très faible dose, qui est de l'ordre de quelques centaines de grammes, parfois quelques dizaines de grammes, par tonne de minerai traité.

La technique de la flottation. — Le minerai brut venant de la mine doit être concassé, puis broyé, aux dimensions convenant à la flottation. Dans la roche primitive, les minerais à récupérer sont souvent intimement mêlés à la gangue. Le traitement mécanique réduit les différents constituants en grains assez petits pour que les bulles d'air puissent les entraîner.

Le concassage effectué à sec au moyen de concasseurs à mâchoires et de concasseurs giratoires fournit des morceaux d'environ un centimètre. Le broyage est réalisé en présence d'eau dans des broyeurs, gros cylindres horizontaux en tôle tournant autour de leur axe et chargés de boulets ou de barres d'acier qui écrasent le minerai. Le broyeur est flanqué d'un

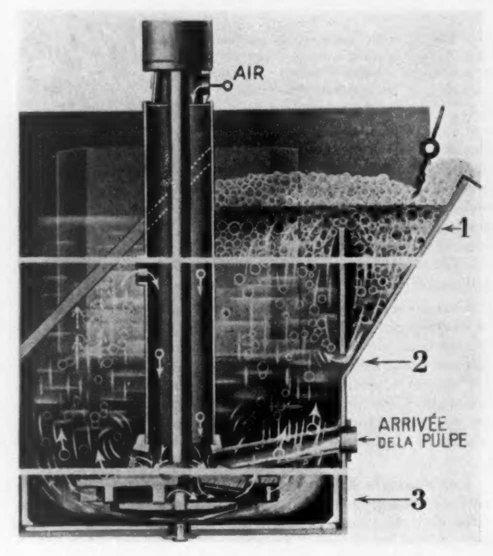


Fig. 6. — *Coupe transversale d'une cellule de flottation « Denver ».*

On y voit les trois couches superposées : 1. Agitation de la pulpe et aspiration d'air par rotation des pales de l'agitateur. — 2. Turbulence moyenne. Accrochage des particules sur les bulles d'air. — 3. Turbulence faible. Accumulation et débordement des mousses chargées de particules.

(Photo Denver Equipment Cy).

classificateur réglé de manière à lui renvoyer les grains de dimensions supérieures à une valeur déterminée qui est de l'ordre du dixième de millimètre. La pulpe liquide passe ensuite en flot continu dans les circuits de flottation.

Un circuit de flottation est constitué par des séries de bacs ou « cellules » dans lesquels circule la pulpe vigoureusement brassée dans un courant de bulles d'air en présence des réactifs convenables. A la partie supérieure de chaque cellule, la mousse minéralisée appelée « concentré », déborde ou est poussée par des palettes tournantes dans des goulottes. De puissants agitateurs mécaniques équipent la plupart des cellules. Le courant d'air est alimenté, soit par des surpresseurs séparés, soit par un dispositif d'aspiration de l'air ambiant monté sur chaque cellule. Le schéma ci-contre (fig. 6) représente l'un des types de cellules les plus répandus, qui utilise l'effet centrifuge des pales de l'agitateur pour aspirer l'air dans un tube concentrique à l'arbre central.

La pulpe est soumise à la flottation pendant un temps qui

dépend du nombre de cellules placées en série (fig. 7). Sa durée de parcours, de l'ordre de quelques dizaines de minutes, doit être fixée en fonction de la richesse du minerai et de la vitesse d'action des réactifs. De petits appareils à débit réglable distribuent les réactifs de flottation qui sont généralement ajoutés à la pulpe avant la première cellule. Cependant des quantités supplémentaires de collecteurs et de moussants peuvent être introduites en des points choisis le long du circuit.

La richesse du concentré recueilli dans les goulottes diminue d'une cellule à la suivante. C'est pourquoi on ajoute au circuit principal des circuits secondaires dont les uns renvoient les concentrés les plus pauvres dans les premières cellules et les autres conduisent les concentrés primaires à des cellules enrichisseuses qui les soumettent à une nouvelle opération de flottation.

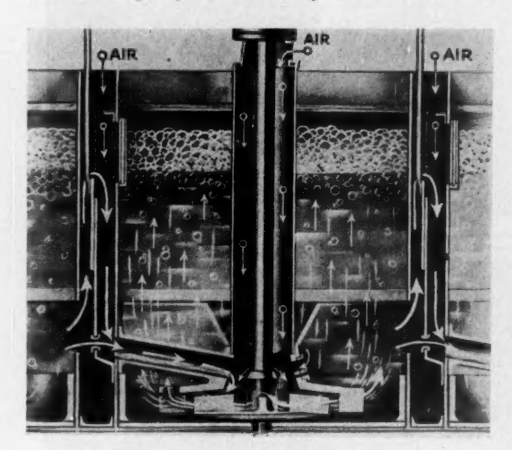


Fig. 7. — *Coupe longitudinale d'une série de cellules Denver.*
La pulpe passe d'une cellule à la suivante. Son niveau est réglé par la hauteur des déversoirs à l'entrée et à la sortie.
(Photo Denver Equipment Cy).

Les concentrés sont ensuite réunis dans des cuves à décantation. Les boues minérales se déposent et sont séchées, dans les installations modernes, sur des filtres continus à succion.

Les concentrés marchands sont alors prêts à l'expédition, vers les centres utilisateurs.

Tel est le schéma de la flottation simple (fig. 8) appliquée à l'extraction d'un seul constituant du minerai.

Lorsque le minerai brut renferme plusieurs composés de valeur, chacun d'eux peut être récupéré séparément grâce à la flottation différentielle. Un circuit de flottation du type précédent est affecté à chaque constituant, et l'ensemble des circuits est monté en série. Il est alors fait usage de réactifs dépresseurs sélectifs à l'entrée du premier circuit, afin de favoriser la flottation d'un composé au détriment des autres. Ceux-ci sont ensuite successivement réactivés à l'entrée de leurs circuits respectifs par les activants convenables. La flottation différentielle a surtout été mise au point pour la séparation des mélanges de sulfures métalliques : galène, blende, sulfures de cuivre et pyrite de fer.

Les applications de la flottation. — La flottation a été adaptée avec succès à presque tous les minerais, qu'il s'agisse des minerais de métaux ou de métalloïdes natifs, des minerais métallifères sulfurés, oxydés ou carbonatés ou des minéraux non métallifères. Elle a même fait ses preuves dans des domaines étrangers à l'industrie minière, comme l'industrie chimique et l'industrie des produits agricoles.

1° Les *métaux natifs* (cuivre, argent, or) sont collectés au moyen des collecteurs solubles anioniques, et les *métalloïdes natifs* (soufre, graphite, charbon, iode) au moyen des collecteurs insolubles. Ce procédé a pris une grande extension dans l'industrie houillère où il permet de récupérer, à partir des eaux de lavage des charbons bruts, des fines débarrassées des impuretés minérales.

2° Les *sulfures de métaux* lourds sont couramment enrichis par flottation, à l'aide des collecteurs solubles anioniques : sulfures de cuivre, plomb, zinc, fer, nickel, cobalt, molybdène, mercure, antimoine, arsenic, étain.

Les *carbonates* et les *oxydes* des métaux précédents sont également flottables, en général par les collecteurs anioniques de la classe des savons.

3° Les *minerais alcalino-terreux* (calcium, strontium, baryum) sont flottés à l'aide des acides gras et savons. La flottation des phosphates de calcium naturels, matières premières pour l'industrie des engrais, a pris une grande importance. Le phosphate est séparé de sa principale impureté, la silice, soit au moyen des acides gras et savons qui collectent le phosphate, soit au moyen d'un réactif cationique qui collecte, au contraire, la silice. Dans ce dernier cas, c'est la pulpe sortant du circuit qui contient le produit intéressant.

4° L'industrie des *sels alcalins* (sels de sodium et de potassium) a, elle aussi, tiré profit de la flottation. Ce genre de flottation s'adressant à des sels solubles dans l'eau doit être nécessairement pratiqué en solution saturée. Le procédé consiste à séparer les cristaux des différents composés en utilisant comme collecteurs sélectifs soit des acides gras ou savons, soit des mouillants sulfonés, soit des réactifs cationiques, suivant la nature du sel que l'on veut récupérer avec la mousse. On peut citer comme principales applications, dans l'industrie des engrais :

— la séparation du chlorure de sodium et du chlo-

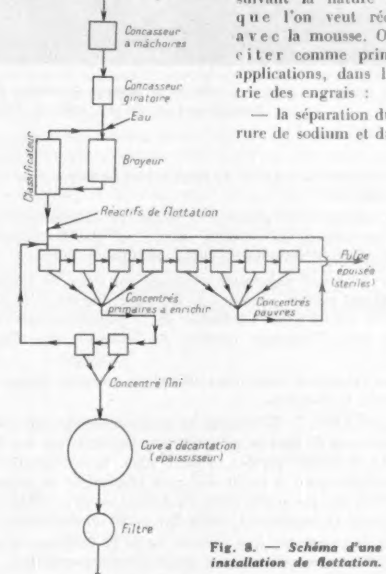


Fig. 8. — *Schéma d'une installation de flottation.*

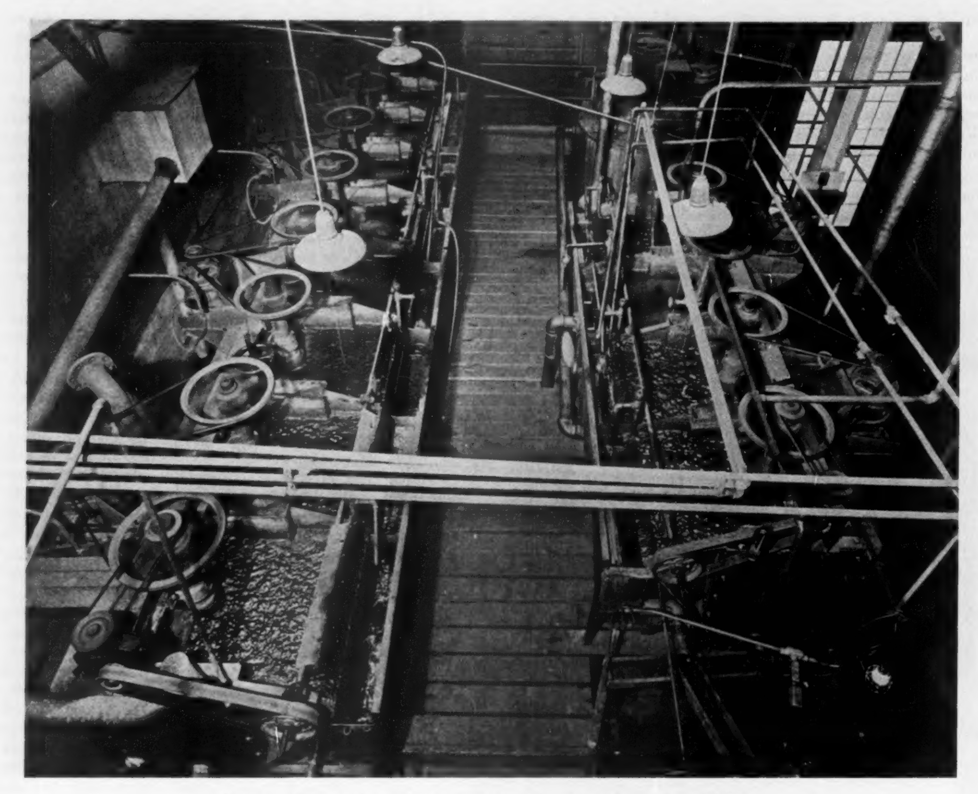


Fig. 9. — *Batterie de cellules de flottation traitant un minerai de molybdène.*
Noter l'aspect de l'écume, différent d'une cellule à la suivante (*Photo Denver Equipment Cy*)

rure de potassium à partir de leurs minerais mixtes (par exemple la sylvinite);

— la séparation du mélange de nitrate de sodium et de chlorure d'ammonium de synthèse obtenu par double décomposition du nitrate d'ammonium et du chlorure de sodium.

5° Divers autres minéraux n'entrant pas dans les catégories ci-dessus ont pu être soumis à la flottation. Signalons la purification du kaolin pour l'industrie de la porcelaine, des sables siliceux pour l'industrie verrière, du feldspath, du talc, des micas.

6° Les *substances organiques* offrent un nouveau champ d'application à la flottation.

En particulier, le décorticage et le dépoussiérage des céréales en grains sont de plus en plus effectués par flottation aux États-Unis. La flottation permet, d'autre part, la récupération des fibres cellulosiques, à partir des eaux résiduaires de papeterie, l'épuration des jus sucrés dans l'industrie sucrière, l'extraction des bitumes et asphaltes à partir des sables bitumineux.

Il est fort probable que l'avenir verra la flottation apporter des solutions économiques aux problèmes de purification et de séparation des produits qui se posent constamment dans la grande industrie chimique.

L'importance actuelle de la flottation. — Les statistiques les plus récentes relatives à la production minière aux États-Unis montrent l'énorme importance prise par la flottation (1).

En 1949, il a été extrait aux États-Unis environ 121 millions de tonnes de minerais métallifères non ferreux, sur lesquels 115 millions de tonnes, soit 95 pour 100 du total, ont été enrichis par flottation. La dépense moyenne en réactifs de flottation n'a été que de 20 cents, soit 70 F par tonne de minerai brut.

De plus, environ 37 millions de tonnes de minerais non métallifères, principalement des phosphates et des sels de potasse, ont été traités par flottation.

Sur 450 usines de laverie par flottation qui fonctionnent aux États-Unis, 15 ont une capacité *journalière* de 10 000 à 50 000 t de minerai, et 36 une capacité de 1 000 à 10 000 t.

Robert Kullmann,
Ingénieur I. C. S.

1. Les renseignements statistiques nous ont été obligeamment fournis par M. Holsinger, de la *Mining World* (San Francisco, U.S.A.).

LA POLAROGRAPHIE

Quand une solution est électrolysée dans des conditions convenables, la courbe intensité-tension d'électrolyse permet de déterminer simultanément la nature et la concentration de la substance électrolysée, sans que la solution soit altérée.

Tel est le principe de la méthode polarographique d'analyse. Elle fut inventée en 1922 par le Professeur Heyrovsky, de l'Université Charles de Prague. Jusqu'en 1937 environ, Heyrovsky et ses collaborateurs en restèrent les seuls pionniers. Depuis 1945, on assiste dans tous les pays à un développement considérable des études sur ce sujet. Parallèlement, la polarographie entre dans les laboratoires industriels où elle peut rendre de grands services, en particulier à cause de sa sensibilité et de l'automaticité des dosages.

Principe de l'électrolyse. — Nous apporterons d'abord certains compléments aux notions classiques de l'électrolyse, compléments indispensables à la compréhension de la polarographie.

Dans une électrolyse, on doit distinguer deux sortes de phénomènes : d'une part, les réactions d'oxydation ou de réduction aux électrodes et, d'autre part, le transport de la substance électrolysée vers les électrodes.

Sur celles-ci, tous les ions ne peuvent réagir aussi facilement; ceci se traduit par la nécessité d'un potentiel d'électrode différent selon les corps, pour les oxyder ou les réduire. Lorsque la différence de potentiel appliquée entre les électrodes est faible, le courant est nul. Puis, lorsque la tension croît, il arrive un moment où le potentiel de l'anode est suffisamment élevé et celui de la cathode suffisamment bas, pour que les réactions aux électrodes démarrent. Parmi les corps en contact avec chacune des électrodes, le plus facilement réductible et le plus facilement oxydable réagissent respectivement à la cathode et à l'anode; le courant d'électrolyse cesse d'être nul.

Ainsi, si l'on électrolyse une solution acide de sulfate de cuivre entre deux électrodes de platine, le corps le plus facilement oxydable est l'eau (en oxygène gazeux) et le plus facilement réductible est le cuivre (en cuivre métallique); on observe donc, lorsque l'électrolyse commence, un dégagement d'oxygène à l'anode et un dépôt de cuivre à la cathode. Signalons qu'il n'est pas question de réactions secondaires qui, contrairement à ce qu'on lit encore souvent, n'existent généralement pas. Ainsi, la seule grandeur qui commande la réaction des ions ou des molécules aux électrodes est leur potentiel d'oxydation ou de réduction et ceci *indépendamment de leur charge*. Un anion ou une molécule peuvent se réduire à la cathode aussi bien que des cations.

Le transport de matière dans une solution non agitée se fait principalement par migration et par diffusion. La phrase que l'on rencontre dans tous les manuels, « sous l'action du champ électrique, les anions vont vers l'anode et les cations vers la cathode », ne correspond qu'au phénomène de migration. Tous les ions assurent le transport du courant, par migration, *qu'ils se déchargent* ou non aux électrodes. Au sein de la solution, la fraction de courant transportée par une espèce d'ions est d'autant plus grande qu'ils sont plus concentrés et plus mobiles.

La diffusion est un phénomène général qui se produit chaque fois que dans un fluide les concentrations des différents constituants ne sont pas homogènes. En solution, elle consiste en un déplacement d'ions ou de molécules dans un sens tel qu'il tende à annuler les écarts de concentration. Dans des conditions particulières, le nombre d'ions ou de molécules qui passent d'une couche de solution à l'autre par unité de temps est proportionnel à la différence des concentrations des deux couches.

Dans le cas de l'électrolyse, la migration n'amène jamais à une électrode autant d'ions qu'il en réagit. Leur concentration diminue dans la couche de solution au contact de l'électrode et la diffusion commence, ramenant vers cette électrode un supplément de matière électrolysable. A la fin, il s'établit un état de régime, la migration et la diffusion amenant autant d'ions actifs qu'il s'en décharge. D'une manière générale, la diffusion intéresse uniquement les corps qui réagissent aux électrodes, mais ceci indépendamment de leur charge.

Principe de la polarographie. — Comment passe-t-on de l'électrolyse ordinaire à la polarographie ? La différence fondamentale réside en l'addition d'un excès « d'électrolyte indifférent » dont les ions réagissent plus difficilement aux électrodes que les ions à doser (par exemple du chlorure de potassium). Malgré leur inertie aux électrodes, ces ions participent au transport du courant par migration et, puisqu'ils sont en excès (il faut au moins cent fois plus d'électrolyte indifférent que du corps à doser), ils assurent pratiquement la totalité du transport. *Les ions à doser ne peuvent arriver aux électrodes que par diffusion.*

Reprenons l'électrolyse d'une solution de sulfate de cuivre additionnée d'un excès de chlorure de potassium et faisons croître la tension appliquée entre les électrodes. A partir d'une certaine tension, les ions Cu^{2+} se réduisent à la cathode, l'intensité du courant croît, la concentration moyenne du cuivre autour de l'électrode décroît et la diffusion amène de plus en plus d'ions Cu^{2+}. Mais le courant ne peut croître indéfiniment. Admettons (et l'expérience le vérifie) que le nombre d'ions arrivés par diffusion est proportionnel à la différence entre la concentration du cuivre au sein de la solution et dans la couche au contact de l'électrode. Lorsque cette couche ne contient plus qu'une concentration négligeable d'ions cuivre, la différence précédente se confond avec la concentration du cuivre dans le reste de la solution, et elle ne peut être plus grande. Autrement dit, le nombre d'ions amenés par diffusion et, par suite, le courant d'électrolyse atteignent un maximum proportionnel à la concentration de l'ion dosé. A partir de ce moment, tous les ions qui arrivent à l'électrode réagissent immédiatement.

Jusqu'à présent, nous avons négligé les phénomènes qui se passent à l'autre électrode. Pour qu'il en soit ainsi, on prend une électrode auxiliaire suffisamment grande par rapport à l'électrode indicatrice et on opère en présence d'un grand excès d'ions électrolysables. De cette façon, la limitation due à l'électrode active est atteinte bien avant celle qui est due à l'électrode auxiliaire. En outre, le potentiel de celle-ci reste pratiquement constant, de sorte que la tension appliquée ne diffère que par une constante du potentiel de l'électrode indicatrice.

L'électrode indicatrice est elle-même suffisamment petite pour

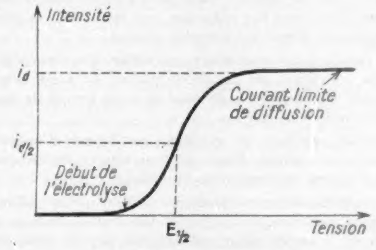


Fig. 1. — *Courbe polarographique.*

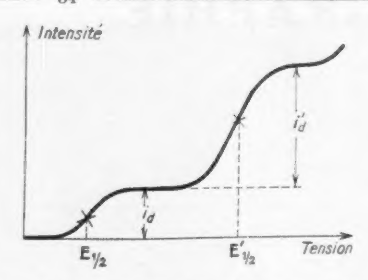


Fig. 2. — ***Polarogramme obtenu avec plusieurs corps réductibles (ou oxydables).***

que l'intensité maxima du courant d'électrolyse soit très faible. Ainsi la quantité de substance électrolysée reste toujours négligeable au regard de celle qui reste en solution.

Dans ces conditions, la courbe intensité-tension a une forme analogue à celle de la figure 1. La hauteur i_d de la « vague polarographique » permet de connaître la concentration de l'ion électrolysé; sa position dans l'échelle des potentiels et, en particulier le potentiel de demi-vague $E_{1/2}$, sont caractéristiques de cet ion.

Si la solution contient plusieurs corps réductibles à la cathode indicatrice, lorsque le potentiel de celle-ci atteint le potentiel de réduction du deuxième corps, un nouveau courant d'électrolyse vient s'ajouter au premier et ainsi de suite. On obtient un polarogramme dont les vagues successives gardent, en principe, leur individualité et sont utilisables pour l'analyse qualitative et quantitative d'un mélange (fig. 2).

Dispositif expérimental. — Il est représenté sur la figure 3. Pour avoir une meilleure reproductibilité des polarogrammes, on emploie principalement l'électrode à gouttes de mercure. La surface est ainsi renouvelée à chaque goutte. L'électrode est formée d'un réservoir de mercure relié par un tube souple à un tube capillaire de 10 cm de longueur environ et de quelques centièmes de millimètre de diamètre intérieur. Le phénomène de diffusion est plus compliqué qu'avec une électrode stationnaire; cependant la proportionnalité de l'intensité du courant limite à la concentration subsiste pour un capillaire donné et un « temps de goutte » constant compris entre 3 et 6 s. D'autre part, la nature même de l'électrode est intéressante. Sur le mercure, les ions hydrogène ne peuvent se réduire qu'à un potentiel beaucoup plus bas que le potentiel théorique (phénomène de surtension); en milieu acide, le décalage atteint 0,8 V. Inversement, les corps qui se réduisent en un métal amalgamable ont un potentiel de réduction plus élevé que sur une électrode de platine. Ainsi, de nombreux ions deviennent plus facilement réductibles que les ions hydrogène et peuvent être dosés par réduction sans que l'on soit gêné par un dégagement massif d'hydrogène gazeux.

Dans certains cas particuliers, on utilise une microélectrode tournante constituée par un fil de platine de 1 ou 2 mm de long, soudé latéralement à un tube de verre rempli de mercure qui tourne autour de son axe.

L'électrode auxiliaire est généralement formée d'une couche de mercure au contact d'une solution saturée de chlorure de potassium tenant en suspension du calomel.

Le circuit électrique est analogue à celui qu'on utilise pour l'électrolyse ordinaire. Le voltmètre doit être sensible au moins au centivolt. L'ampèremètre est remplacé par un galvanomètre assez particulier. Sa meilleure sensibilité doit être de 0,1 ou 0,01 microampère par millimètre, et il doit comporter les shunts nécessaires pour permettre la mesure de courants aussi grands que 100 microampères environ. De plus, le courant variant périodiquement avec la formation de chaque goutte, la période du galvanomètre doit être suffisamment grande (10 à 20 s pour les mesures précises) pour que la répercussion sur la déviation du spot soit aussi atténuée que possible. On note l'élongation moyenne. On a ainsi un courant moyen qui est encore sensiblement proportionnel à la concentration cherchée.

Lorsqu'on trace une courbe expérimentale, on observe trois phénomènes parasites : la vague de l'oxygène, le courant résiduel et le « maximum » du courant limite. Les solutions aqueuses contiennent toujours de l'oxygène dissous; celui-ci est plus facilement réductible que la plupart des ions dosables sur une électrode de mercure. Dans le cas du dosage d'une faible concentration d'un corps, l'existence d'une grande vague de l'oxygène apparaissant avant la vague du corps dosé nécessite une réduction de la sensibilité du galvanomètre. Par ailleurs, on constate souvent que la vague de l'oxygène perturbe les vagues suivantes. Pour ces deux raisons, la précision du dosage serait diminuée si l'on ne prenait la précaution d'enlever l'oxygène par barbotage préalable d'un gaz inerte comme l'azote, ou par addition de sulfite (seulement en milieu alcalin). Après élimination de l'oxygène, la courbe expérimentale a souvent la forme de la courbe 1 schématisée sur la figure 4. Disons tout de suite que le maximum M dont aucune explication satisfaisante n'a encore été donnée, est généralement éliminé par l'addition de traces de corps tensio-actifs comme de la gélatine. On obtient alors la courbe 2. En l'absence de toute substance réductible, le courant ne reste pas nul, mais croît linéairement avec la tension appliquée (courbe 3). La principale cause de ce « courant résiduel » est la charge de la goutte de mercure dont la capacité croît au cours de sa formation. Le courant d'électrolyse du corps dosé s'ajoute au précédent. Il suffit donc de retrancher ce cou-

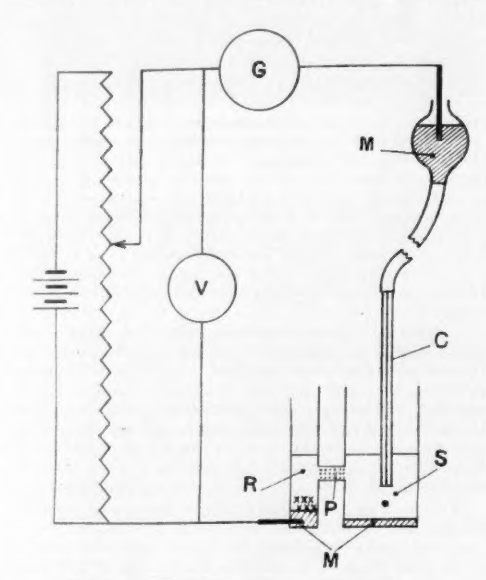


Fig. 3. — ***Schéma d'un montage polarographique.***

S, solution à analyser ; M, mercure ; C, tube capillaire ; R, solution saturée de chlorure de potassium et de calomel ; P, pont d'agar-agar ; G, galvanomètre ; V, voltmètre.

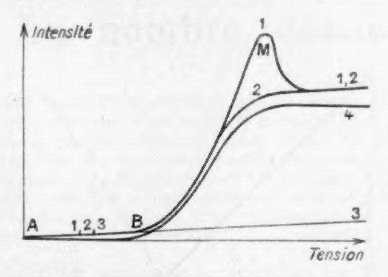


Fig. 4. — *Phénomènes parasites de la polarographie.*

rant résiduel pour avoir la courbe théorique (courbe 4). Celui-ci est déterminé sur une solution identique, mais ne contenant pas l'ion à doser ou simplement par extrapolation de la partie AB de la courbe 2. Le courant résiduel reste quand même gênant pour le dosage des traces, car il empêche d'utiliser la sensibilité optimum du galvanomètre.

Le tracé des polarogrammes peut être rendu automatique. Généralement, le potentiomètre est remplacé par un fil résistant de section constante, le long duquel le curseur se déplace à vitesse constante. Le papier millimétré enregistreur se déroule à une vitesse constante et, par conséquent, le déplacement est proportionnel à la tension de polarisation. Le courant d'électrolyse, dont les oscillations sont convenablement amorties, est amplifié avant d'être envoyé au galvanomètre. Les dispositifs sont alors variables; par exemple, l'un des appareils de construction française enregistre les déplacements d'un mécanisme sensible qui, périodiquement, applique au galvanomètre une force contre-électromotrice suffisante pour qu'il revienne au zéro. Les déplacements sont transformés de telle façon que la plume glisse perpendiculairement au sens de translation du papier d'une quantité proportionnelle au courant d'électrolyse.

Deux perfectionnements, surtout réalisés dans les polarographes enregistreurs, peuvent être apportés aux montages précédents. D'abord, le courant résiduel peut être compensé par application au galvanomètre d'une force contre-électromotrice

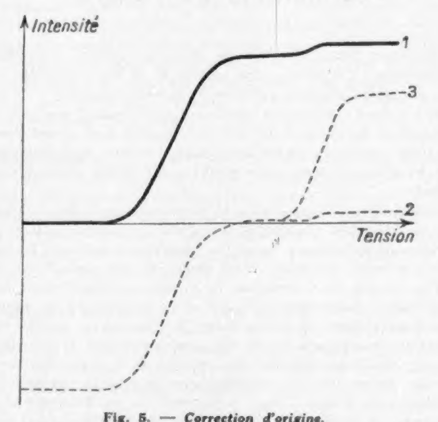


Fig. 5. — *Correction d'origine.*

1, courbe obtenue sans correction ; 2, courbe obtenue avec correction d'origine ; 3, courbe obtenue avec correction d'origine et amplification de la deuxième vague.

réglable et croissant linéairement avec la tension d'électrolyse. Enfin, par une autre force contre-électromotrice réglable, mais indépendante de la tension appliquée, on peut décaler son origine. Ceci permet d'utiliser une bonne sensibilité pour le dosage de traces malgré l'apparition préalable de vagues élevées (fig. 5).

Pour déduire d'un polarogramme la concentration de l'ion à doser, on peut utiliser une courbe intensité-concentration obtenue par étalonnage préalable dans des conditions strictement identiques. On peut également employer un étalon interne. On trace le polarogramme de la solution à doser, puis celui de la même solution additionnée d'une quantité connue de l'ion dosé. La hauteur de la vague est augmentée. Une règle de trois permet d'en déduire la concentration cherchée.

Limites et applications de la polarographie. — La polarographie permet généralement de doser des substances dont la concentration est comprise entre 10^{-3} et 10^{-5} molécules-grammes par litre en opérant sur 5 à 10 cm³ de solution. Pour préciser les idées, les limites extrêmes correspondent respectivement à 1 mg et à 0,01 mg de cadmium dans 10 cm³.

Dans les meilleures conditions, la précision relative des dosages peut atteindre 1 pour 100, mais elle est plus généralement 3 à 5 pour 100. Cette précision est largement suffisante lors du dosage des traces.

D'après ce que nous avons dit au début de cet article, seuls sont dosables par réduction les corps plus facilement réductibles que les ions de l'électrolyte indifférent ou les ions H^+ (qui, libres ou dans la molécule d'eau, sont en grande quantité). De même, un corps n'est dosable par oxydation que s'il est plus facilement oxydable que les ions de l'électrolyte indifférent, l'eau et l'électrode. C'est ainsi qu'avec le platine beaucoup plus difficilement oxydable que le mercure, on peut obtenir des polarogrammes dans un domaine de potentiel plus élevé que ne le permet ce dernier. D'autre part, deux corps ne donnent des vagues distinctes que si leurs potentiels sont suffisamment différents.

Ces limitations interviennent peu en pratique. En choisissant convenablement le *pH* et l'électrolyte indifférent (pour qu'il soit difficilement oxydable ou réductible, qu'il complexe les ions gênants, etc.), on peut énormément reculer les limites d'emploi de la polarographie. Par exemple, les ions alcalins qui sont très difficilement réductibles peuvent cependant être dosés en utilisant l'hydroxyde de tétraméthylammonium comme électrolyte indifférent.

La seule limitation qui subsiste est la possibilité pour le corps d'être oxydable ou réductible; elle intervient pour quelques ions minéraux (borates, silicates, phosphates, etc.), mais surtout pour les corps organiques.

La polarographie peut rendre de grands services pour le dosage des faibles quantités, alors que les méthodes classiques d'analyse chimique sont inutilisables. C'est ainsi qu'elle est très utilisée dans le contrôle de la métallurgie du zinc. On peut facilement et rapidement doser, par exemple jusqu'à 0,001 pour 100 de plomb et de cadmium dans du zinc, l'analyse complète depuis l'attaque du métal jusqu'au résultat exigeant environ 20 à 30 mn. De même des traces de plomb, de cuivre, de zinc, de fer et d'indium peuvent être dosées dans l'aluminium.

La méthode ne se limite d'ailleurs pas aux ions minéraux. Certains corps organiques sont facilement dosables par polarographie; citons les traces de nitrobenzène (0,01 pour 100) dans l'aniline, ou l'anhydride maléique au cours de ses polycondensations. Elle permet même de distinguer des stéréoisomères : ainsi le γ-hexachlorocyclohexane, insecticide efficace, est titrable alors que ses stéréoisomères, inactifs, ne le sont pas.

En biologie, elle permet de doser plusieurs vitamines (vitamines C dans le jus de fruits, B_2, K), des stéroïdes et aussi l'oxygène dans les liquides biologiques; on utilise alors des disposi-

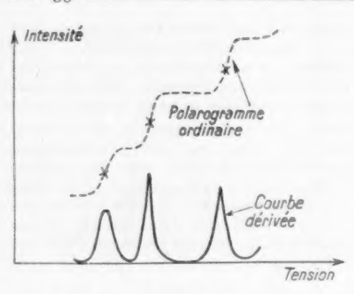


Fig. 6. — ***Polarographie différentielle.***

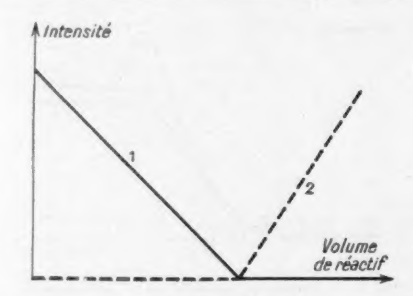


Fig. 7. — ***Courbes ampérométriques.***
1, le corps à doser est électrolysé ; 2, le corps titrant est électrolysé.

tifs spéciaux permettant d'effectuer le dosage dans quelques gouttes de solution.

Autres variantes. — Pour terminer, nous dirons seulement quelques mots des techniques qui dérivent de la polarographie.

1° *Polarographie différentielle.* — Certains dispositifs permettent de tracer non pas la courbe intensité-tension mais la courbe dérivée (fig. 6). Les maxima se produisent lorsque le potentiel de l'électrode indicatrice atteint les potentiels de demi-vague des corps électrolysés et leur hauteur est encore proportionnelle à la concentration de ces derniers. Cette méthode est utile pour doser des traces dans une solution contenant une grande concentration d'un corps plus facilement réductible.

2° *Polarographie oscillographique.* — Nous signalerons seulement l'emploi de l'oscillographe cathodique pour l'obtention des courbes polarographiques. Cette technique est surtout utilisée dans des études théoriques ; elle est superflue pour des dosages courants.

3° *Ampérométrie.* — Cette méthode concurrence la polarographie classique pour la détermination des concentrations moyennes. On fixe le potentiel pour que le courant limite soit atteint, et l'on suit les variations de l'intensité du courant, au cours de l'addition d'un réactif titré (fig. 7). L'intensité du courant s'annule lorsqu'une quantité équivalente de réactif a été ajouté. La précision (souvent 1 pour 100 en valeur relative) est meilleure qu'en polarographie, sans que les conditions de la mesure soient aussi strictes. En outre, l'ampérométrie se prête à de nombreuses combinaisons. Si le corps à doser n'est ni réductible ni oxydable, on le titre par un réactif susceptible de l'être (fig. 7).

Ainsi, on peut titrer l'oxalate par précipitation de l'oxalate de plomb en suivant le courant limite de l'ion Pb^{2+}. Enfin, vis-à-vis de la volumétrie classique, elle a l'avantage de ne pas nécessiter d'indicateur de fin de réaction.

R. Gauguin.

Nouveaux types d'horloges atomiques

Trois nouveaux types d'horloges atomiques sont actuellement à l'étude au « National Bureau of Standards » (États-Unis d'Amérique), et un quatrième type est en projet.

L'une de ces horloges utilisera des oscillateurs atomiques au moyen desquels la fréquence d'un émetteur, oscillateur, générateur d'impulsions, peut être contrôlée avec haute précision à l'aide des micro-ondes des raies spectrales.

Un autre type est similaire à la première horloge atomique (fondée sur la constance de la fréquence naturelle de vibration des atomes dans une molécule de gaz ammoniac), mais il utilisera un faisceau d'atomes de césium au lieu de gaz ammoniac. Avec les techniques du faisceau atomique, on obtient des lignes spectrales beaucoup plus fines, l'élargissement dû aux collisions et à l'effet Doppler étant éliminé. On espère atteindre avec cette méthode une précision de 1 s sur 300 ans, soit environ 300 fois mieux que la précision obtenue avec la cellule à absorption de gaz ammoniac.

Toutes ces recherches sur un nouvel étalon de temps atomique visent à remplacer l'étalon de temps actuel, le jour solaire moyen.

La maladie de l'encre

M. Roger Heim, directeur du Muséum national, a présenté à l'Académie des Sciences une note de M. et Mme Claude Moreau sur une grave affection nouvelle de la forêt française.

Il y a deux ans, ceux-ci commençaient l'étude d'une maladie chancreuse du chêne rouge qui se répandait dans le sud-ouest. Ils l'ont revue cette année dans le Pays basque, non seulement sur les chênes rouges, mais aussi sur les chênes pédonculés et tauzins.

Dès le début, ils avaient isolé de l'écorce des arbres malades des myceliums de champignons dont ils n'avaient cependant pu affirmer le parasitisme, ceux-ci n'apparaissant pas dans les parties profondes de l'arbre. Cette fois-ci, ils ont recueilli sur les arbres atteints des exsudations de gomme couleur d'encre dans des lésions chancreuses verticales et en ont obtenu en culture des fructifications caractéristiques du *Phytophora cinnamomi*. C'est un champignon redoutable, principale cause de la maladie de l'encre du châtaignier qui, apparue en France en 1860, a ravagé depuis 1882 les châtaigneraies de tout le sud-ouest. Il attaque aussi le chêne-liège, le pin résineux en Amérique et au Portugal. Il paraît s'adapter et s'attaquer maintenant aux chênes de notre pays et on peut craindre que ses ravages augmentent pendant les années chaudes et humides.

Le nombre des automobiles en France

Le *Bulletin mensuel de Statistique*, publié par l'Institut national de la statistique et des études économiques, étend peu à peu ses enquêtes et ses recensements à toutes les activités du pays. Son dernier numéro contient la statistique des immatriculations de véhicules automobiles en 1950, d'après les déclarations reçues dans chaque préfecture. Sans entrer dans le détail des données relatives à chaque département, on peut en extraire les renseignements d'ordre général suivants :

Transport des personnes. — On a déclaré 511 653 voitures destinées au transport des personnes, dont 506 034 voitures particulières et 5 619 cars et autobus. Cela fait à peu près une voiture pour 80 habitants.

On a compté 175 246 voitures neuves et 336 407 voitures d'occasion. 172 618 voitures neuves étaient de marques françaises et 2 628 seulement de provenances étrangères. On voit que les importations d'automobiles sont très faibles; elles ne dépassent pas 1,5 pour 100 du nombre des immatriculations.

Le nombre total des véhicules pour les personnes est en forte augmentation, puisqu'on n'en avait immatriculé que 389 634 en 1949; toutefois, il n'a pas rejoint celui de 1938 qui avait atteint 593 662. Si la production de voitures particulières a nettement augmenté depuis 1949, le marché des voitures d'occasion est devenu lui aussi bien plus actif pour de multiples raisons : délais de livraison des constructeurs d'automobiles, hausses des tarifs ferroviaires, reprise des activités commerciales, déplacements des fortunes privées, etc.

Transport des marchandises. — A la fin de 1950, le parc français des véhicules pour le transport des marchandises comptait 219 616 voitures immatriculées, dont 66 505 neuves et 153 111 d'occasion. 0,8 pour 100 seulement des camions neufs étaient d'origine étrangère.

La production de voitures neuves avait baissé de 10 pour 100 par rapport à 1949 (73 565); par contre, elle atteignait presque le triple de celle de 1938 (22 551). C'est là un indice du développement des transports routiers en ces dernières années.

Motocyclettes. — Malgré l'impression qu'on peut avoir sur certaines routes en des jours de vacances, le nombre des motocyclettes est assez faible : 94 984, soit une pour 400 habitants. Les immatriculations de 1950 ont porté sur 22 021 machines neuves et 72 963 d'occasion, dont 11,7 pour 100 de marques étrangères. Le parc des motocyclettes s'est augmenté de 12 pour 100 depuis 1949 (84 104), et seulement de 3 pour 100 par rapport à 1938 (91 418).

Vélomoteurs. — Soumis à une réglementation moins sévère, les vélomoteurs où une faible puissance mécanique vient soulager le pédalage connaissent une vogue croissante. Leur nombre a atteint en 1950, 151 645, dont 94 483 machines neuves et 57 162 d'occasion. Il dépasse donc de près de 60 pour 100 le nombre des motocyclettes. 97,4 pour 100 des vélomoteurs neufs sont de marques françaises.

Tracteurs agricoles. — Tous les tracteurs agricoles ne sont peut-être pas immatriculés; le relevé des déclarations en 1950 donne les nombres suivants : 29 202, dont 21 791 neufs et 7 411 d'occasion. Près de moitié des tracteurs neufs (43,6 pour 100) sont de marques étrangères.

On remarquera que seuls les vélomoteurs et les tracteurs montrent une prépondérance de machines neuves, alors que voitures, cars, camions, motocyclettes en usage sont en majorité des véhicules anciens ayant déjà circulé.

On ne peut entrer dans le détail des statistiques départementales, quel que soit l'intérêt qu'un géographe y pourrait trouver. Dans chaque circonscription administrative, la répartition des diverses catégories de véhicules dépend d'innombrables facteurs : l'agglomération de la population, sa richesse et son niveau de vie, son activité et ses productions, son commerce et ses besoins, les facilités des divers transports par route, par fer, par eau, par air, l'attrait touristique de la région, etc.

Pour montrer les écarts qu'on observe, il suffit de rapprocher les extrêmes : le département de la Seine, les deux autres les mieux pourvus après lui en moyens mécaniques de transports sur route et les deux les plus mal partagés :

	Voitures particulières	*Cars*	*Camions*	*Motos*
Seine	125 307	337	32 087	14 496
Nord	24 067	168	9 448	2 682
Seine-et-Oise.	20 938	133	8 884	6 786
Corse	860	70	533	169
Lozère	502	31	422	226

En 1950, le département de la Seine a immatriculé 249 fois plus d'autos personnelles et 76 fois plus de camions que la Lozère, bien que celle-ci ait une surface plus de dix fois supérieure.

Paris voit en outre affluer les voitures de toute la région, à commencer par Seine-et-Oise qui se classe le troisième département par ordre d'importance, sans parler des transporteurs venant de toute la France et des voitures étrangères.

On comprend mieux après cela toutes les plaintes sur les difficultés de circulation, de croisement, de stationnement, de garage et sur les dangers que courent les autres usagers des voies publiques : piétons et cyclistes, dans la capitale de plus en plus encombrée.

Nous n'aborderons pas aujourd'hui l'examen des remèdes techniques ou administratifs proposés.

A. B.

Un mortier contre les Termites

Le Professeur Feytaud, de la Faculté des Sciences de Bordeaux, poursuit avec succès une vaste expérience de lutte contre les termites à l'aide d'un mortier de chaux contenant deux des plus efficaces parmi les nouveaux insecticides, le célèbre D. D. T. et l'H. C. H. (hexachlorocyclohexane).

Il arrive en effet que les termites, qui hantent habituellement les bois humides, où ils trouvent à la fois le vivre et le couvert, se réfugient, faute de mieux, dans les mortiers humides des fondations, en apportant de quoi y subsister. C'est spécialement à l'intention de ces réfugiés que le Professeur Feytaud a mis au point son mortier insecticide, dans lequel les deux substances actives sont incorporées à la chaux hydraulique sèche.

En outre, dans les vieilles maisons termitées, il est possible d'installer des « pièges à termites », sous forme de petites cloisons légères et temporaires; le mortier de chaux qui les constitue attire les termites des alentours par sa fraîcheur et son humidité.

Le déterminisme de la croissance des cellules nerveuses

L'harmonieuse coordination des divers organes et parties des animaux multicellulaires dépend d'une part des messagers chimiques ou hormones qui sont constamment déversés dans le sang et les humeurs, et de l'autre de l'innervation, sensitive et motrice, des différents tissus et organes.

La coordination nerveuse, spécifique, rapide et infiniment délicate est, en dernière analyse, la résultante de la croissance embryonnaire ou post-embryonnaire des expansions des cellules nerveuses ou neurones. Qu'une cellule nerveuse se mette en rapport avec une glande, son excitation commandera la décharge d'une sécrétion; qu'elle innerve un muscle, son excitation déterminera la contraction de celui-ci; qu'elle acquière une connexion avec un organe des sens, la stimulation de celui-ci provoquera une sensation chez elle.

Aussi le déterminisme de ces différentes unions de contact au cours du développement constitue-t-il un des problèmes les plus passionnants, non seulement de l'embryologie et de la physiologie, mais encore de la philosophie. Il faut se rappeler, en effet, que l'orientation des expansions nerveuses a lieu, non seulement vers les organes périphériques, mais qu'elle aboutit également à mettre en contact les cellules nerveuses les unes avec les autres, et à créer, par cela même, des centres nerveux et un cerveau. Leur croissance n'est donc pas fortuite; elle est dirigée, pour un groupe de cellules donné, vers les mêmes lieux, pour créer les mêmes rapports. Les chercheurs se sont donc demandé quels sont les facteurs formatifs qui non seulement créent les voies nerveuses, mais font que chacune d'entre elles a son individualité propre, et ne se confond jamais avec d'autres voies semblables.

Les théories concernant les connexions des fibres nerveuses peuvent être classées en : 1° mécaniques; 2° électriques; 3° chimiques. Chacune postule que dans leur développement embryonnaire les expansions des cellules nerveuses, axones ou dendrites, obéissent à des facteurs appartenant à l'une de ces trois catégories.

Laissant de côté les spéculations basées sur la simple observation, attardons-nous plutôt sur les déductions d'expériences concernant le développement des neurones.

La première de ces expériences fut la mémorable recherche de Harrison de 1907. Il eut l'idée géniale de cultiver des cellules nerveuses embryonnaires, avant la formation de leurs prolongements, dans un milieu de culture en dehors de l'organisme, entre lame et lamelle de verre. De petits morceaux de moelle ont été prélevés chez des embryons de grenouille au premier stade de formation du bourgeon de la queue, stade auquel les cellules nerveuses ne présentent encore aucun prolongement. Plongées de façon aseptique dans de la lymphe coagulée provenant de grenouilles adultes, ces cellules ont formé des fibres, indépendamment du milieu qui ne leur servait que de support et pour leur nutrition. Ces fibres, que Harrison a pu observer de minute en minute, poussent à partir du tube neural ou des ganglions nerveux sous forme de processus finement arborescents. Ces processus s'allongent plus tard et forment des fibres. Au bout de chaque fibre, on peut observer une structure ressemblant à une amibe avec ses pseudopodes, véritables cônes de croissance semblables à ceux décrits par Ramón y Cajal au bout des fibres nerveuses chez de jeunes embryons.

Cette expérience cruciale de Harrison a démontré que la fibre nerveuse n'est qu'une extension de la cellule nerveuse, même si elle atteint une très grande longueur comme chez certains grands Mammifères.



Fig. 1. — ***Culture de cellules nerveuses montrant des fibres en croissance 48 heures après la mise en culture de fragments de cerveau d'un embryon de rat*** (May).

Par la suite, Burrows a étendu la méthode de culture aux tissus des animaux supérieurs à température constante et a substitué le plasma à la lymphe, beaucoup plus difficile à manier. Carrel a ajouté à ces éléments le suc embryonnaire, mis en valeur par Paul Carnot, ce qui a permis les repiquages et les cultures en série (fig. 1).

Or, que nous a montré la culture des cellules nerveuses en ce qui concerne le déterminisme de leurs connexions ?

A première vue, la méthode de culture des cellules nerveuses semble bien se prêter à la solution du problème de leur orientation et de leurs connexions. Il semble qu'on soit à même de leur faire subir, entre lame et lamelle, tous les facteurs à expérimenter, puis d'observer directement les résultats. En pratique, cette méthode s'avère d'une médiocre valeur. Comme il n'y a pas d'élimination des substances qui entourent les neuroblastes ni de leurs déchets, les facteurs chimiques ne peuvent être localisés et semblent rapidement diffuser dans la culture entière. Ces facteurs ne peuvent donc être étudiés de cette façon.

Les résultats ont été meilleurs en ce qui concerne les facteurs mécaniques et électriques. Harrison (1914) a montré que pour les fibres nerveuses comme pour les fibroblastes et les cellules épithéliales en culture, il n'y a pas de croissance, ni de migration si les cellules nerveuses ne sont pas en contact avec un milieu solide, tel que le réseau de fibrine ou des fibres de toile d'araignée placées dans la culture (fig. 2). Les fibres nerveuses

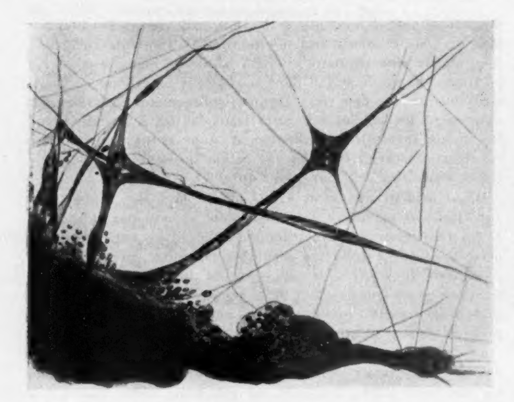


Fig. 2. — *Morceau de duodénum d'un embryon de poulet de 9 jours dans du sérum de poulet au sein duquel se trouve de la toile d'araignée.*

A remarquer les chaînes de cellules intimement accolées aux fils de la toile d'araignée (Harrison).

semblent donc réagir à un milieu solide et s'orienter par rapport à sa configuration.

Weiss (1934) a poursuivi ces recherches sur des cellules nerveuses en culture. Dans un milieu de culture ordinaire, elles poussent de façon irrégulière non orientée. Si, par contre, avant que le milieu de culture ne soit coagulé, on le tend en direction longitudinale en le brossant avec un petit pinceau, toujours dans la même direction, les fibres nerveuses poussent par la suite toutes parallèles, dans la direction de cette tension mécanique. Weiss pense qu'en tendant ainsi le milieu de culture, on provoque la formation d' « ultrastructures » ou agrégats micellaires orientés qui imposent une orientation correspondante aux fibres nerveuses qui y croissent. La croissance des expansions nerveuses dépendrait donc, dans son orientation, de la direction qui lui serait imprimée par l'organisation mécanique du milieu.

En ce qui concerne les facteurs électriques, les résultats sont contradictoires. Ingvar (1920) a soumis *in vitro* de petits fragments de tissu nerveux d'embryon de poulet à de très faibles courants électriques ; les prolongements cellulaires se seraient orientés, en croissant, dans la direction des lignes de force du champ galvanique. Il y aurait une différence entre ceux qui s'orientent vers l'anode et ceux qui se dirigent vers la cathode. Lorsqu'un faible courant passe à travers la culture au moyen d'un conducteur unique, les fibres et cellules pousseraient perpendiculairement au conducteur.

Mais d'autres biologistes, répétant ces expériences d'une façon critique et avec beaucoup de précautions, n'ont pu observer trace d'orientation des fibres par rapport au courant électrique. Les fibres, lorsqu'elles croissent, le font sans orientation particulière, et ne sont pas influencées par la présence du champ électrique.

Quoi qu'il en soit de ces facteurs mécaniques et électriques dans l'orientation des expansions nerveuses, il nous semble qu'ils sont incapables, à eux seuls, d'expliquer l'infinie diversité et la stricte spécificité des connexions nerveuses. Le grand neurohistologiste Ramón y Cajal, tout en admettant des conditions mécaniques qui auraient pour but de canaliser dans un sens déterminé le mouvement de croissance des expansions nerveuses, a postulé en 1892 la théorie du chimiotropisme ou neurotropisme. Cette théorie suppose que les cellules nerveuses embryonnaires sont douées d'une sensibilité particulière à des substances sécrétées par d'autres éléments nerveux, ou par des cellules épithéliales ou mésodermiques.

Chaque cellule nerveuse serait d'ailleurs tour à tour active et passive dans ce processus chimiotropique; elle attirerait des expansions et, quand le moment en serait venu, elle serait attirée par d'autres cellules, nerveuses ou non nerveuses, et leur adresserait alors ses appendices.

Cette théorie suppose l'existence de substances chimiques variées à l'intérieur et autour des cellules nerveuses. Or, un fait important vient confirmer les idées de Cajal. A l'époque où il a émis cette conception de la neurogénèse, aucune des ces substances n'était connue. Mais les travaux de Lœwi, publiés en 1921, nous ont amenés à admettre que les nerfs de la vie végétative agissent sur les organes terminaux, non pas en leur transmettant une excitation d'ordre électrique, comme on le croyait jusqu'alors, mais en libérant aux terminaisons nerveuses des médiateurs chimiques qui exercent sur l'organe terminal une action à caractère pharmacodynamique.

Lœwi a montré, notamment, que le liquide présent dans un cœur dont le nerf vague (ou pneumogastrique) est excité reçoit une substance qui lui confère le pouvoir, une fois réintroduit dans ce cœur, ou même introduit dans un deuxième cœur, le vague n'étant pas excité, de ralentir leur battement tout comme l'aurait fait le vague soumis à une stimulation.

Cette substance agit donc comme le fait le nerf vague. Qui plus est, elle semble bien être la substance au moyen de laquelle agit normalement ce nerf dans son inhibition du battement du cœur. Elle serait, pour Lœwi et ses collaborateurs, de l'acétylcholine, dont l'action sur le cœur est identique à celle de l'excitation du vague.

De façon semblable, Lœwi a démontré qu'il existe une substance ayant affaire à l'accélération du battement du cœur, en rapport donc avec le sympathique, et qui, d'après Cannon et Bacq, serait de la sympathine, qui ressemble à l'adrénaline.

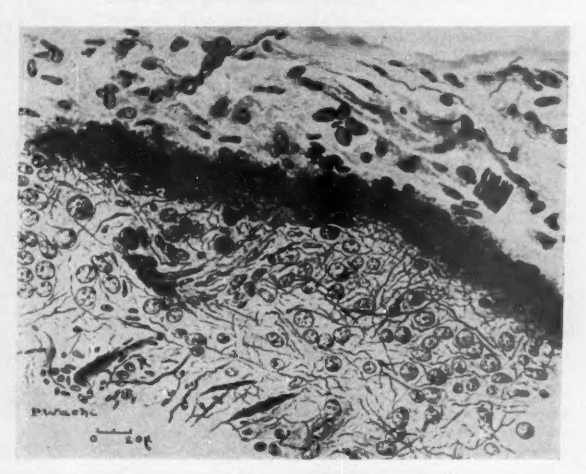


Fig. 3. — *Greffe de tissu cérébral provenant d'un souriceau nouveau-né dans la chambre antérieure de l'œil d'une souris adulte.*

A remarquer l'innervation propre de la cornée qui reste cantonnée dans ce tissu (*en haut*) et ne pénètre pas dans le tissus cérébral qui contient de nombreuses cellules et fibres nerveuses (*en bas*) (May).



Fig. 4. — *Résultat de la greffe simultanée de cellules cérébrales de souriceau nouveau-né et de nerf sciatique adulte, dans la chambre antérieure de l'œil d'une souris adulte.*

Le nerf dégénéré (*en haut à gauche*), 12 jours après son implantation, a émis des produits de dégénérescence (*au centre*). Ceux-ci attirent des fibres nerveuses qui possèdent des cônes de croissance à leurs bouts et qui proviennent des cellules cérébrales. On voit la cornée en bas (MAY).

A l'heure actuelle, l'idée d'un médiateur chimique ou d'une neuro-hormone entre le nerf et l'effecteur qu'il innerve est généralement admise, que cet effecteur soit un muscle lisse ou strié, une cellule pigmentaire ou une glande. Les terminaisons des fibres nerveuses cellulifuges fonctionneraient donc comme des glandes en miniature. La ou les substances qu'ils émettent stimuleraient soit les effecteurs, soit même les dendrites des autres neurones. L'ensemble du système nerveux serait donc constitué par des milliards de petites glandes, les cellules nerveuses, qui sécréteraient des substances chimiques variées.

Or, s'il en est ainsi chez l'adulte, rien ne s'oppose à ce que nous envisagions la présence des mêmes substances, ou bien d'autres, chez les cellules nerveuses embryonnaires, où leur rôle serait évidemment surtout important dans la croissance, la différenciation et l'organisation de leurs expansions.

Mais peut-on prouver la présence de telles substances et leur action physiologique ? Nous avons vu que l'addition à des cultures de cellules nerveuses de substances supposées actives n'est pas nécessairement suivie de résultats observables. Aussi, pour essayer de résoudre cette question, nous nous sommes adressé, pour notre part, à une autre technique, celle des greffes bréphoplastiques de tissu cérébral, c'est-à-dire à l'implantation de ce tissu encore embryonnaire chez un adulte de même espèce, rat ou souris. La greffe se fait dans la chambre antérieure de l'œil, qui constitue un lieu récepteur particulièrement favorable. En soumettant les cellules nerveuses transplantées à l'action d'autres tissus, implantés simultanément, nous avons voulu voir si ces tissus exerçaient sur elles une action suffisante pour les attirer et pour créer des connexions durables.

Il est évident que nous avons affaire là à des interactions entre cellules nerveuses et autres tissus, et non pas entre elles et des substances chimiques données. Mais si ces expériences ne permettent pas d'isoler ces dernières, elles nous présentent des conditions très proches de celles qui ont normalement lieu chez l'organisme au cours de son développement. Résumons donc les principaux résultats que nous avons obtenus par la méthode des greffes bréphoplastiques des cellules nerveuses.

1° Un fait que nous ne saurions trop souligner, et qui ressort des très nombreuses greffes de tissu cérébral de nouveau-né faites par nous-même dès 1930, et par notre élève Chatagnon (1951), est celui-ci : nous n'avons jamais observé une tendance spontanée des fibres nerveuses à quitter leurs neurocytes d'origine et à croître dans ou sur les tissus environnants : face interne de la cornée (fig. 3), iris, cristallin, etc. Les cellules cérébrales dans l'œil sont pourtant soumises à des influences mécaniques de contact, à des courants bioélectriques; elles n'y répondent jamais dans ces conditions.

2° Par contre, si l'on implante dans l'œil, en même temps que les cellules cérébrales, et près d'elles, des tissus vivants, nous assistons à une pénétration de ceux-ci par des fibres des

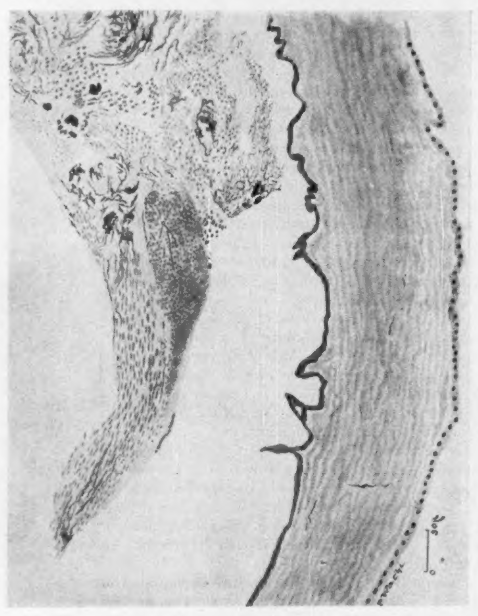
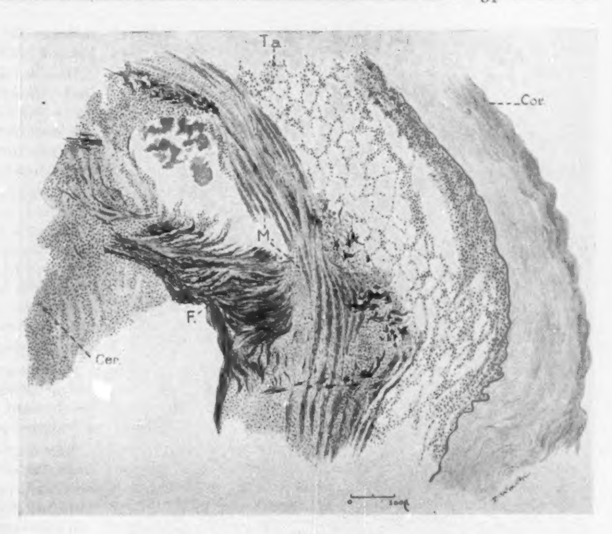


Fig 5. — *Greffe simultanée de cellules cérébrales de souriceau nouveau-né et de nerf sciatique d'adulte, dans la chambre antérieure de l'œil d'une souris adulte, 133 jours après l'implantation.*

Le tissu cérébral (*en haut*) a émis des fibres qui ont réhabité le nerf sciatique dégénéré (*en bas*). On voit la cornée à droite (MAY).

Fig. 6. — *Résultat de la greffe simultanée de cellules cérébrales et de muscle de souriceau nouveau-né dans la chambre antérieure de l'œil d'une souris adulte, 16 jours après l'implantation.*

Vaste faisceau (*F.*) de fibres des cellules cérébrales (*Cer.*) se dirigeant en masse vers les fibres musculaires (*M.*). *T.a.*, tissu adipeux. *Cor.*, cornée de l'œil porte-greffe (MAY).



cellules nerveuses greffées. Ceci ressort de nos recherches sur la greffe simultanée, avec les cellules cérébrales, de bouts de nerfs sciatiques (1945), de muscles de nouveau-né (1949) et de thymus mort et vivant.

3° Dans le premier groupe de ces expériences, le tissu cérébral a continué son développement et s'est accolé au bout de nerf sciatique greffé avec lui. Les bouts de nerfs implantés ont dégénéré comme ils l'auraient fait en place.

Les produits de dégénérescence et les cellules phagocytaires qui en sont chargées attirent les fibres cérébrales dont la progression peut être déterminée par leurs cônes ou boutons d'accroissement (fig. 4). L'attraction des fibres cérébrales est exercée aussi bien par des bouts de nerfs de nouveau-nés que par des bouts de nerfs d'adultes. Les fibres attirées vers les bouts de nerf en dégénérescence avancent vers ceux-ci isolément et en faisant souvent des trajets supplémentaires dans les tissus voisins.

Un bout de nerf de nouveau-né a, 33 jours après son implantation, un aspect de nerf normal, et se distingue du tissu cérébral à fibres sinueuses et noyaux ronds par ses fibres droites et ses noyaux de Schwann allongés. De même, un bout de nerf adulte réhabité a l'aspect d'un nerf normal (fig. 5).

4° Dans d'autres expériences, nous avons implanté avec le tissu cérébral du souriceau nouveau-né un petit bout de muscle de la cuisse du même donneur. Déjà sept jours après la double implantation, il existe une connexion directe entre le tissu cérébral et le tissu musculaire, les fibres cérébrales montrant des rapports intimes avec les fibres musculaires striées. Des faisceaux entiers d'expansions nerveuses dévient vers les amas musculaires (fig. 6); des fibres nerveuses abandonnent leurs faisceaux d'origine et englobent les fibres musculaires striées (fig. 7).

Seize jours après la greffe, l'innervation des muscles ressemble à celle que l'on observe dans un muscle de souriceau nouveau-né, avec des terminaisons de type peu évolué formées par un simple élargissement terminal nerveux sur la fibre striée. Il est curieux de constater que des plaques terminales simples de type semblable ont été observées par Grigorjeff (1933) dans des cultures mixtes de cellules cérébrales et de muscles striés chez l'embryon de poulet (fig. 8).

5° Nous avons greffé, simultanément avec du cerveau de souriceau nouveau-né, dans certains cas un morceau de thymus vivant provenant du même souriceau, et, dans d'autres cas, un

Fig. 7. — *Greffe simultanée de cellules cérébrales et de muscle de souriceau nouveau-né dans la chambre antérieure de l'œil d'une souris adulte, 7 jours après l'implantation.*

De très nombreuses fibres cérébrales sont en contact avec des fibres musculaires. On voit la cornée en haut (MAY).

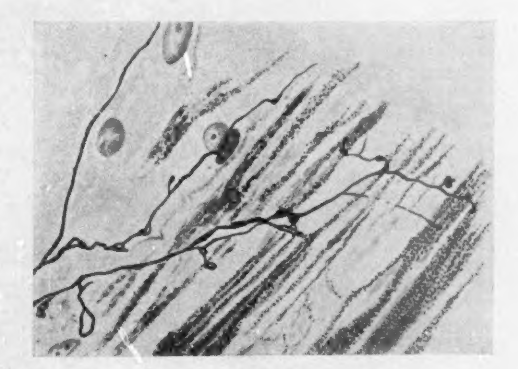


Fig. 8. — *Fibres nerveuses d'un fragment de cerveau d'un jeune embryon de poulet cultivé 72 heures avec des fibres musculaires d'un autre embryon, un peu plus âgé, les ayant envahies et ayant formé des organes terminaux* (GRIGORJEFF).

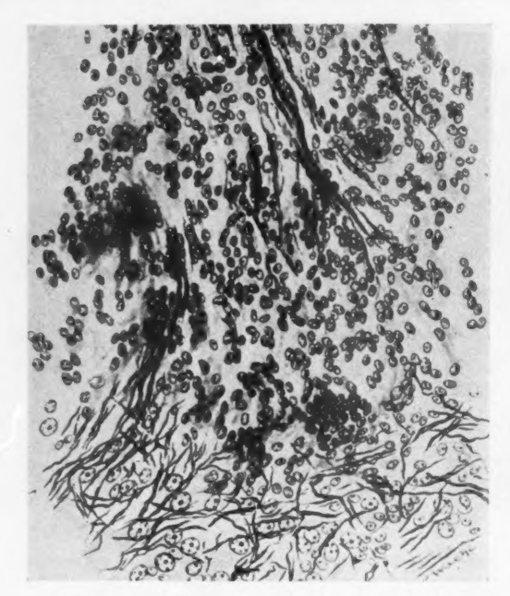


Fig. 9. — *Greffe simultanée de cellules cérébrales et d'un fragment de thymus de souriceau nouveau-né dans la chambre antérieure de l'œil d'une souris adulte.*

De nombreuses fibres nerveuses partant du tissu cérébral (*en bas*) ont envahi le tissu thymique (*en haut*) (May).

Fig. 10. — *Résultat de la greffe simultanée de cellules cérébrales et d'un fragment de thymus mort de souriceau nouveau-né dans la chambre antérieure de l'œil d'une souris adulte.*

Le thymus remanié (*en bas*) a attiré de nombreuses fibres nerveuses propres de la cornée (*en haut*). Comparer à la figure 3 (May).

morceau de thymus semblable fixé plusieurs semaines dans l'alcool, puis lavé abondamment dans du sérum physiologique.

Dans les deux types d'expérience, il y a eu, après quelques jours, invasion du fragment de thymus par des fibres nerveuses provenant du tissu cérébral (fig. 9). A première vue, on pourrait donc croire que seuls des facteurs mécaniques jouent dans cette pénétration nerveuse du thymus, puisqu'un fragment mort attire aussi bien les expansions nerveuses qu'un fragment vivant.

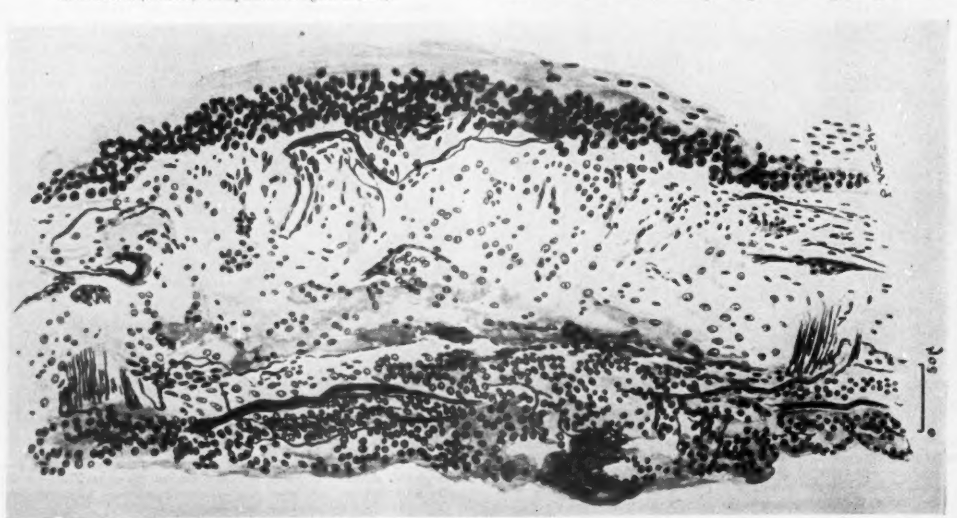
En réalité, les choses ne sont pas si simples. Un fragment de tissu mort est rapidement réhabité par des cellules migratrices, comme l'a bien montré Nageotte depuis 1917 dans le cas de tissus conjonctifs et nerveux, et comme on l'a bien vu depuis lors dans la transplantation de cornées et d'os de cadavres. Or ces cellules migratrices sont abondamment pourvues de ferments et d'autres substances chimiques qu'elles déversent dans le milieu environnant. Il est donc fort possible que ces substances aient un rôle neurotrope.

6° Nous avons vu que les fibres nerveuses propres de la cornée ne pénètrent jamais dans du tissu cérébral implanté dans la chambre antérieure de l'œil, et que les fibres cérébrales n'émigrent pas non plus vers la cornée (fig. 3).

Mais dans certains cas, la présence d'un bout de nerf ou d'un fragment de thymus mort peut provoquer la sortie des fibres nerveuses propres de la cornée et leur pénétration dans ces implants (fig. 10). Ainsi, il semble que tout tissu ayant perdu son innervation à la suite de sa greffe puisse agir comme centre attractif pour des fibres nerveuses, que celles-ci proviennent d'un tissu nerveux greffé ou de l'innervation autochtone de l'organe porte-greffe.

Que conclure de ces expériences de greffe en ce qui concerne le déterminisme de la croissance des cellules nerveuses ? Elles ne nous permettent certes pas des affirmations absolues en faveur de l'une ou de l'autre des hypothèses que nous avons citées plus haut. S'il est vrai que les conditions mécaniques ou électriques du milieu peuvent être changées par le greffon tissulaire, cela n'exclut nullement le rôle des substances chimiques qu'il introduit en abondance et qui peuvent agir sur les éléments nerveux.

Ces expériences nous montrent de toute façon que l'apport de tissus vivants ou réhabités provoque une régénération et une



attraction de fibres nerveuses qui, sans eux, restent cantonnées dans leur territoire propre. Nos cas peuvent d'ailleurs être comptés parmi ceux, fort rares jusqu'ici, où l'on a pu susciter une régénération cérébrale chez des Mammifères. Aussi, s'ils ne résolvent pas le problème ardu de la croissance nerveuse, ils montrent que celle-ci est accessible à des influences tissulaires que nous pouvons contrôler jusqu'à un certain point, et dont l'analyse ultérieure est susceptible de nous apporter des faits nouveaux dans ce domaine.

RAOUL-MICHEL MAY,
Professeur à la Sorbonne.

Le sort de l'alcool dans l'organisme

PARMI les innombrables sujets d'étude qui s'offrent aux chercheurs scientifiques, il n'en est peut-être aucun qui ait été l'objet d'une plus constante sollicitude que l'alcool. Depuis un siècle, les publications relatives au problème de l'alcool se chiffrent par milliers. Il faut rechercher l'origine de cette prédilection dans la diversité et la complexité des questions soulevées par l'usage de l'alcool. Le physicien et le chimiste, le médecin et le psychiatre, l'économiste et le sociologue ont, chacun dans son domaine, œuvré utilement pour une meilleure connaissance des méfaits de l'alcool vis-à-vis de la société. Dans ces quinze dernières annéees, des études biochimiques ont conduit à mieux établir un point essentiel : celui du sort de l'alcool dans l'organisme. Examinons les résultats de ces dernières recherches et leurs conséquences les plus remarquables.

Quelle que soit la forme sous laquelle il est ingéré, boisson fermentée, apéritif ou liqueur, l'alcool traverse très vite la muqueuse digestive et se retrouve dans le sang. L'absorption de l'alcool est d'autant plus rapide que l'organisme est à jeun et la concentration de l'alcool ingéré plus élevée. Après ingestion d'une certaine quantité d'alcool, le taux de l'alcool dans le sang s'élève rapidement pour atteindre, après une heure environ, une teneur maximum. Puis la concentration d'alcool dans le sang diminue régulièrement pour retrouver, après quelques heures, une valeur très faible. La courbe ci-dessous, dite courbe d'alcoolémie, traduit les variations de la teneur du sang en alcool en fonction du temps écoulé depuis l'ingestion. La connaissance de cette courbe permet de comprendre plus aisément la plupart des faits relatifs au sort de l'alcool dans les tissus.

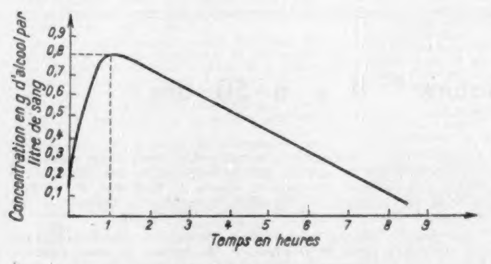


Fig. 1. — *Courbe d'alcoolémie.*

Du sang, l'alcool diffuse vers tous les tissus et organes et plus particulièrement vers le cerveau, le rein, le cœur, le foie, les organes génitaux. Que va devenir cet alcool ?

Une petite fraction qui n'excède pas 10 pour 100 de la quantité d'alcool ingéré, est éliminée par les urines et par les poumons, grâce à la ventilation pulmonaire. Il semble, bien que le fait soit contesté par certains auteurs, que le travail musculaire puisse accroître légèrement cette élimination. La plus grande partie de l'alcool est brûlée par l'organisme au cours d'une oxydation qui transforme l'alcool en gaz carbonique et eau.

La combustion de l'alcool dans l'organisme, connue depuis longtemps et longtemps discutée, a été établie en 1902, sans contestation possible, par les physiologistes américains Atwater et Benedict. Cette combustion de l'alcool a souvent servi de thème à une propagande en faveur des boissons alcooliques, propagande axée sur la valeur alimentaire de l'alcool. Or, des travaux scientifiques assez récents, en particulier ceux de Mlle E. Le Breton, ont montré que la combustion de l'alcool présente des caractères si particuliers qu'il est difficile de voir en ce corps un aliment. Il convient de rappeler que c'est par la combustion des aliments que l'organisme fait face à des dépenses d'énergie que l'on peut diviser en deux parties :

1° Le métabolisme de base dont la valeur traduit l'ensemble des dépenses calorifiques engagées pour le maintien de la température centrale de l'individu et pour le fonctionnement inévitable de certains organes, le cœur, par exemple.

2° Les dépenses d'énergie supplémentaires correspondent, pour leur majeure partie, au travail musculaire et à la lutte que l'organisme doit mener contre le refroidissement ou l'échauffement du corps.

Le sucre, par exemple, est capable de satisfaire à tous ces besoins d'énergie, le rythme de sa combustion dans l'organisme s'adaptant aux besoins du moment. Il en va tout autrement avec l'alcool dont la vitesse de combustion est régulière, phénomène immuable que la branche descendante de la courbe que nous reproduisons traduit bien.

Qu'un brusque besoin d'énergie se présente en raison d'une baisse de température ou d'un effort physique, l'existence d'alcool dans les tissus ne sera que d'un faible secours. Pour beaucoup de physiologistes modernes, le caractère statique de la combustion de l'alcool serait bien davantage la preuve d'une défense de l'organisme contre l'intoxication que l'indice d'une utilité.

Qu'il s'agisse d'une désintoxication, ou d'une utilisation aux effets limités au domaine énergétique du métabolisme de base, un fait demeure : l'alcool brûle dans l'organisme. Les modalités de cette combustion ont été bien étudiées et l'on sait que, pour des ingestions d'alcool assez faibles et espacées, la quantité maximum d'alcool pur susceptible d'être brûlée est de 100 mg par kilogramme du poids corporel et par heure. Pour un adulte de 70 kg, la quantité maximum d'alcool pouvant être brûlée en 24 heures sera d'environ 170 g, quantité correspondant approximativement à une ingestion quotidienne de deux litres de vin à 10°. Il convient d'attirer l'attention sur le fait qu'à un tel niveau de débit, l'organisme fonctionne à son rythme maximum d'élimination de l'alcool, sans aucune marge de sécurité.

Du fait de la rapidité de la diffusion de l'alcool dans les tissus et organes et de la lenteur de sa disparition, le taux de l'alcool dans le sang ou alcoolémie indique assez exactement le degré d'imprégnation éthylique de l'organisme. Dans certains pays, les États-Unis et la Suède par exemple, le dosage de l'alcool dans le sang est pratiqué systématiquement chez les sujets victimes ou responsables d'un accident de la voie publique. De très nombreuses expériences, il ressort que le taux limite d'alcool dans le sang au-dessous duquel un individu ne peut être certifié en état d'éthylisme est de 1 g d'alcool pur par litre de sang. Jusqu'à 2 g d'alcool par litre, quantité qui indiquerait l'ingestion assez récente d'environ 2 litres de vin, on ne peut rien affirmer. Cependant, pour des concentrations du sang en alcool de 1 à 2 g par litre, on peut admettre que l'individu est presque toujours en état d'ébriété ou d'ivresse. Les teneurs en alcool de 2 à 3 g par litre de sang accompagnent constamment un état manifeste d'imprégnation éthylique. Au delà, pour des taux de l'ordre de 6 g d'alcool pur par litre de sang, l'individu entre généralement dans le coma (on dit qu'il est ivre-mort), et effectivement ce coma conduit parfois à la mort.

Il est bien connu que la même quantité de boissons alcoolisées ne provoque pas des réactions identiques chez tous les individus. Le buveur endurci résiste beaucoup mieux à l'agression alcoolique qu'une personne non entraînée. On s'est demandé si ce fait n'était pas dû à un accroissement des facultés de destruction de l'alcool par l'organisme de l'éthylique. Il semble qu'il n'en soit rien et la plupart des expérimentateurs ont conclu que la résistance apparente du buveur endurci à l'alcool est la conséquence d'une diminution de la sensibilité des centres nerveux. Pour beaucoup de physiologistes, c'est cet amoindrissement de la sensibilité à l'alcool qui serait la cause profonde de l'alcoolisme. L'ingestion d'alcool s'accompagne d'une sensation agréable d'euphorie, de bien-être, correspondant à une certaine concentration en alcool des tissus et organes. Mais du fait d'une sensibilité émoussée par cet alcool, la même sensation de bien-être psychique ne sera atteinte, à quelque temps de là, que pour des concentrations en alcool sensiblement plus fortes. C'est ce phénomène tissulaire d'accoutumance qui incite à accroître peu à peu, inconsciemment, les quantités de boissons alcoolisées ingérées et qui conduit à l'alcoolisme chronique. Ce mode d'accoutumance fait de l'alcoolisme, à l'égal de l'intoxication par la morphine ou la cocaïne, une véritable toxicomanie; il justifie les traitements modernes basés sur la cure de désintoxication progressive.

Il semble que le lieu d'élection de la combustion de l'alcool dans l'organisme soit le foie. Mais l'unanimité n'est pas faite sur ce point. Le mécanisme de cette combustion semble mieux connu. L'oxydation de l'alcool a lieu en plusieurs étapes. Chacune de ces étapes est sous la dépendance de diastases à la constitution desquelles participent diverses vitamines du groupe B. Nous avons vu que l'équipement diastasique d'un individu normal lui permet d'oxyder une certaine quantité d'alcool. Au delà de cette quantité, non seulement l'alcool s'accumule dans les tissus, mais encore les systèmes diastasiques soumis à un rythme fonctionnel trop élevé s'usent. La combustion de l'alcool se fait mal. Des produits intermédiaires de la dégradation de l'alcool apparaissent. Certains de ces produits sont acides et créent un état humoral connu sous le nom d'acidose. Pour Lecoq, la présence de ces produits du métabolisme incomplet de l'alcool troublent profondément le métabolisme des graisses, ce qui se traduit par un accroissement du taux du cholestérol dans l'organisme. Ce cholestérol, ces substances acides issues de la dégradation incomplète de l'alcool seraient responsables des lentes dégénérescences scléreuses des organes de l'alcoolique chronique, dégénérescences dont la plus connue est la cirrhose du foie. Ces conceptions nouvelles sur le mode d'action de l'alcool sur les tissus ont conduit Lecoq à instaurer un traitement approprié à certaines formes d'alcoolisme, traitement qui consiste dans l'administration d'extraits de foie et vitamines B.

Il semble qu'il soit assez facile de troubler le métabolisme de l'alcool dans les tissus et ce fait est d'importance puisqu'il peut conduire à rendre l'individu intolérant vis-à-vis des boissons alcoolisées. La présence dans l'organisme de certains composés soufrés — absorbés en tant que médicaments — serait responsable de la formation, à partir de l'alcool, de substances nocives. Ce qui est indiscutable, c'est que, sous l'effet de ces médicaments soufrés, l'ingestion d'alcool, même à faible dose, devient extrêmement pénible.

Les progrès réalisés ces dernières années dans la connaissance du sort de l'alcool dans les tissus ont eu d'importantes conséquences. On sait maintenant, avec une approximation suffisante, quelle quantité d'alcool on ne peut ingérer impunément. On connaît mieux la nature exacte des désordres humoraux provoqués par l'abus des boissons alcoolisées. Ces nouvelles données du problème de l'alcool sont à l'origine des traitements efficaces de l'alcoolisme.

Louis Bonnet.

Ce que publiait " La Nature " il y a 50 ans

Avons la curiosité de nous reporter au numéro de *La Nature* du 1er février 1902. Notre revue était alors dans la trentième année de son existence.

En dehors de quelques communications moins étendues, la science pure y est représentée par deux articles : l'un de Th. Glangeaud, professeur à l'Université de Clermont-Ferrand, sur la formation de la houille, et l'explique déjà par des fermentations aérobies puis anaérobies ; l'autre de Henri Coupin sur l'influence des champignons du sol dans la formation des tubercules de la pomme de terre (théorie récente de Noël Bernard).

Comme nouveautés techniques, alors si abondantes, notre revue décrit un procédé de conservation des fruits par le froid, le « pétard colorant » dans la signalisation des chemins de fer, les nouveaux types de motocyclettes supplantant définitivement « tricycles » et « quadricycles », une pendule se remontant toute seule sous l'effet des changements de volume que la température fait subir à une masse d'alcool. Ces articles sont signés A. Maumené, H. de Parville, H. de Graffigny, M. Planchon. Ajoutons-y la destruction des rats par l'acide carbonique, que signale A. Mignot.

Les grands travaux sont aussi à l'honneur : Ch. Rabot traite des nouveaux ports de Douvres, L. de Launay raconte, figure à l'appui, le pittoresque transport d'une énorme chaudière, tirée dans une plaine sans routes du Transvaal par d'innombrables paires de bœufs. Enfin, fort bien illustrée, une étude sur le percement du Simplon a pour auteur Jacques Boyer dont nous sommes heureux, à 50 ans de distance, de retrouver la signature au bas de l'article sur la Côte de l'Or qu'on a pu lire en tête du présent numéro.

Le gérant : F. Dunod. — Dunod, éditeur, Paris. — Dépôt légal : 1er trimestre 1952, n° 2352. — Imprimé en France.
Barnéoud frères et Cie, imprimeurs (310566), Laval, n° 2498. — 2-1952.

LE CIEL EN MARS 1952

SOLEIL : du 1er au 31 sa déclinaison croît de — 7°30′ à + 4°15′ ; la durée du jour passe de $10^{h}59^{m}$ le 1er à $12^{h}47^{m}$ le 31 ; diamètre apparent le 1er = 32′19″,8, le 31 = 32′4″,0 ; *équinoxe de printemps* le 20 à $16^{h}14^{m}$,5. — **LUNE :** Phases : P. Q. le 3 à $13^{h}43^{m}$, P. L. le 11 à $18^{h}14^{m}$, D. Q. le 19 à $2^{h}40^{m}$, N. L. le 25 à $20^{h}12^{m}$; *apogée* le 6 à 23^{h}, diamètre apparent 29′29″ ; *périgée* le 22 à 22^{h}, diamètre apparent 32′41″. Principales conjonctions : avec **Uranus** le 5 à 19^{h}, à 3°44′ S. ; avec **Saturne** le 13 à 17^{h}, à 6°58′ N. ; avec **Neptune** le 14 à 7^{h}, à 6°21′ N. ; avec **Mars** le 16 à 7^{h}, à 7°18′ N. ; avec **Vénus** le 24 à 2^{h}, à 2°17′ S. ; avec **Mercure** le 26 à 23^{h}, à 0°44 S. ; avec **Jupiter** le 27 à 5^{h}, à 5°40′ S. Principales occultations : de 136 *Taureau* (4^{m},5) le 4, immersion à $19^{h}10^{m}$,5 ; de q *Taureau* (4^{m},4) le 8, immersion à $20^{h}37^{m}$,3 ; de 18 *Taureau* (5^{m},6) le 8 à $20^{h}40^{m}$,3 ; de 21 *Taureau* (5^{m},8) le 29, immersion à $20^{h}6^{m}$,7. — **PLANETES : Mercure,** plus grande élongation du soir le 18 à 18^{h}, à 18°24′ E. du Soleil ; **Vénus,** astre du matin, devient inobservable à la fin du mois, se lève 1^{h} avant le Soleil le 1er ; **Mars,** près de l'étoile α *Balance*, observable dans la seconde partie de la nuit, se lève le 13 à $22^{h}37^{m}$, diam. app. 11″,2 ; **Jupiter,** dans les *Poissons*, visible le soir, se couche le 13 à $20^{h}11^{m}$, diamètre polaire app. 31″,6 ; **Saturne,** près de γ *Vierge*, visible de plus en plus tôt le soir, se lève le 13 à $19^{h}26^{m}$, diam. pol. app. 17″,2, anneau : gr. axe 43″,3, petit axe 6″,6 ; **Uranus,** dans les *Gémeaux*, au méridien le 1er à $19^{h}56^{m}$, position $6^{h}44^{m}$ et + 23°27′, diam. app. 3″,7 ; **Neptune,** dans *la Vierge*, observable toute la nuit, position le 1er : $13^{h}21^{m}$ et — 6°45′, diam. app. 2″4. — **ÉTOILES VARIABLES :** Minima observables d'*Algol* (2^{m},2-3^{m},5) : le 3 à 5^{h},0, le 6 à 1^{h},8, le 8 à 22^{h},6, le 11 à 19^{h},4, le 26 à 3^{h},4, le 29 à 0^{h},2, le 31 à 21^{h},0 ; minima de β *Lyre* (3^{m},4-4^{m},3) : le 6 à 23^{h},5, le 19 à 21^{h},8 ; maxima de U *Orion* (5^{m},4-12^{m},2) et de RR *Sagittaire* (5^{m},8-13^{m},3) le 15. — **ÉTOILE POLAIRE :** Passage inférieur au méridien de Paris : le 1er à $3^{h}4^{m}14^{s}$, le 11 à $2^{h}24^{m}46^{s}$, le 21 à $1^{h}45^{m}20^{s}$, le 31 à $1^{h}5^{m}57^{s}$.

Phénomènes remarquables. — Rechercher à l'aide d'une jumelle, la petite planète **Vesta** (6^{m},5), en opposition le 4, dans le **Lion** ; position $10^{h}47^{m}14^{s}$ et + 18°38′0″. — Observer **Mercure** à sa plus grande élongation du soir quelques jours de part et d'autre du 18. — **Lumière zodiacale,** à observer le soir, à l'W, après le coucher du Soleil, en l'absence de la lune. — **Lumière cendrée de la Lune,** le matin les 22 et 23, et le soir à partir du 27.

(Heures données en **Temps universel** ; tenir compte des modifications introduites par l'heure en usage).

G. FOURNIER.

A propos du Soleil bleu

La forte tempête du sud-ouest qui a sévi sur le Maroc le 5 novembre 1951 a soulevé d'énormes quantités de poussières provenant des régions arides. Aussi le lendemain, 6 novembre, au lever du jour, par temps parfaitement calme, l'atmosphère était saturé de poussières impalpables. Le soleil apparaissait à travers cette brume sèche comme un disque blanc devenant de plus en plus éclatant à mesure qu'il montait dans le ciel. La visibilité au sol était de 5 à 6 km, mais vers le zénith on apercevait le ciel bleu légèrement brumeux, ce qui indiquait que l'épaisseur de la brume ne devait pas être bien grande.

Vers 10 h 30 apparurent de petits nuages blancs amenés par un léger vent d'ouest. Au moment où ces nuages passaient près du lieu d'observation, à l'opposé du soleil, leur couleur était nettement bleu très clair.

Cette coloration était en parfait accord avec les lois de diffusion de la lumière par des particules très fines qui reflètent les rayons de courtes longueurs d'onde. Les nuages, passant au-dessus des poussières, ont servi d'écran sur lequel les rayons bleus diffusés par la brume ont été rendus visibles. Par contre, le soleil a tout le temps été vu blanc ou moins brillant.

Cette observation prouve bien, semble-t-il, que l'explication du fameux et mystérieux phénomène du soleil bleu des 28 et 29 septembre 1950 [1] ne peut pas se trouver dans la simple présence dans l'air des fumées provenant des incendies de forêts qui sévissaient à l'époque au Canada, comme c'est admis communément, mais doit être recherchée plutôt dans la composition chimique de ces fumées.

W. GROUBÉ.

1. Voir *La Nature*, n° 3187, novembre 1950, p. 342.

LES LIVRES NOUVEAUX

The common sense of science, par J. BRONOWSKY. 1 vol. in-8°, 154 p. Heinemann, Londres. Prix : relié, 8 sh. 6 d.

Exposé, dans un langage accessible à tous, des principes de l'esprit scientifique, de ses méthodes, des relations de causes à effets, de la notion récente de lois statistiques. La pensée scientifique peut et doit s'intégrer avec la littérature, l'histoire, les arts dans le comportement intellectuel, la vie sociale et la culture générale.

Eddington's principle in the philosophy of science, par Sir Edmund WHITTAKER. 1 broch. in-16, 35 p. Cambridge University Press, 1951. Prix : 2 sh. 6 d.

Cette conférence de très haute tenue montre comment, dans les difficultés actuelles de nos conceptions et de nos connaissances sur l'être, le monde, l'observation, certains retrouvent les vieilles qualités des nombres, les constantes que nul plus qu'Eddington n'a introduit dans la philosophie scientifique pour essayer d'unifier notre pensée

L'œuvre scientifique de Monge, par René TATON. 1 vol. in-8°, 441 p. Presses universitaires de France, Paris, 1951. Prix : 1 000 fr.

Une vie extraordinairement variée et remplie, depuis l'École du Génie de Mézières jusqu'à l'amitié et la collaboration avec Napoléon, après une participation à l'œuvre de la Convention, pour la défense nationale et la fondation de l'École Polytechnique. Une œuvre considérable qui va des principes de la géométrie descriptive et des géométries analytique, infinitésimale à l'analyse mathématique des rapports, des voyages, des recherches et des actes dans tous les domaines. Tels sont quelques-uns des traits de la vie de Monge que l'auteur, à la fois mathématicien et historien, présente avec compétence dans un des temps les plus agités de notre histoire.

L'œuvre mathématique de G. Desargues, par René TATON. 1 vol. in-8°, 232 p. Presses universitaires de France, Paris, 1951. Prix : 800 francs.

Architecte lyonnais, Desargues fut le plus original et le plus grand géomètre du XVIIe siècle ; il est presque inconnu. Découragé par les polémiques qu'il souleva, il se borna bientôt aux applications, après avoir seulement publié quelques travaux dont le plus important n'était plus connu que par une copie. Le voici ressuscité dans sa vie et son œuvre, ses textes originaux imprimés correctement, et des documents de Descartes, de Pascal, de Huygens qui montrent l'importance que ses plus grands contemporains lui accordaient. Étonnante révélation trois siècles après !

Mathematical engineering analysis, par Rufus OLDENBURGER. 1 vol. in-8°, 426 p., 220 fig. Macmillan Cy, New-York, 1950. Prix : relié, 6 dollars.

Les mathématiques sont indispensables à l'ingénieur. Le présent ouvrage facilite leur maniement et leurs applications techniques : mécanique des corps rigides ; électricité, chaleur et thermodynamique, élasticité, mécanique des fluides, etc. C'est un excellent instrument de travail illustré par de nombreux exemples d'applications à des problèmes concrets.

Les systèmes asservis, par P. NASLIN. 1 vol. in-8°, 333 p., ill. Éditions de la Revue d'Optique, Paris, 1951. Prix : 1 500 francs.

Début d'une série d'exposés sur les servomécanismes et leurs applications, fort utile au moment où le domaine de l'automatisme prend une extension dont on n'aperçoit pas encore les limites. Il présente sous forme systématique les principaux résultats, basés surtout sur l'introduction de l'analyse harmonique, exposés dans la littérature étrangère et française et en donne les références bibliographiques. Il sera suivi d'exposés concrets sur la réalisation des servomécanismes et leurs applications techniques et sur l'électronique industrielle.

Atomic Physics, par MAX BORN. 1 vol. in-8° relié, 437 p., ill. Blackie and Sons, Londres, 1951.

5e édition remaniée et mise au point des conférences de l'auteur, spécialiste bien connu de la physique atomique. On y trouve un exposé clair de l'état actuel des connaissances en physique atomique et des divers développements de la théorie des quanta. La lecture en est facile, les développements mathématiques étant renvoyés en annexes

Des lendemains qui flambent, par Pierre Devaux. 1 vol. in-16, 173 p. Magnard, Paris, 1951.

Des atomes insécables, les physiciens ont fait des systèmes solaires avec noyau central lourd et couronnes d'électrons tournant, dansant, sautant. Et tout a été à réviser, la masse et le temps, la matière et l'énergie. Alors ont commencé les transmutations qui sont devenues communes à tous les éléments chimiques reconnus d'une même matière. Et maintenant, on en est à connaître toute une gamme de bombes effroyables et à aborder une source d'énergie d'une puissance inimaginable. Pour comprendre tant de faits nouveaux et extraordinaires, on ne peut désirer exposé plus clair et plus vibrant que celui-ci où notre collaborateur a déversé tous ses dons.

Les théories de l'évolution, par Paul Ostoya. Préface de Roger Heim, membre de l'Institut, directeur du Muséum. 1 vol. in-8°, 319 p., 5 fig. Bibliothèque scientifique Payot, Paris, 1951. Prix : 900 francs.

L'idée d'évolution, de progrès, de perfectionnement est vieille comme le monde et satisfait notre esprit. Elle s'impose dès qu'on veut classer des êtres vivants et plus encore quand on regarde la succession géologique des espèces passées. Cependant aucune observation précise, aucune expérience ne permet d'expliquer ou de voir le passage d'un groupe à un autre ni même la transformation d'une espèce. On ne rencontre que des variations toutes petites, éparses et non dirigées. C'est grave quand on s'inquiète de l'origine du monde, et de son évolution, ou de l'apparition de l'homme et de sa destinée. Après avoir cru que le milieu expliquait la vie, ses modalités et ses changements, on a voulu lui dénier toute influence et faire des cellules reproductrices un monde à part, seul durable, parce que seul transmetteur des hérédités. Certains en sont venus à dresser des cartes des caractères symbolisés par des gènes invisibles alignés dans certains filaments des noyaux, à y voir la seule cause des variations brusques, permanentes, héréditaires, les mutations. Mais comment ramener à si peu tous les caractères individuels ? Le problème est si complexe que les naturalistes continuent d'errer à travers un monde de théories peu évidentes et peu probantes, du lamarckisme au darwinisme, des formes aux molécules chimiques, choisissant d'être fixiste ou évolutionniste, créationniste ou probabiliste, ou agnostique, selon les sentiments et la mode plus que par ferme logique. Ce qu'on a écrit est volumineux, encombrant, long à lire, et difficile à bien exposer. On saura gré à l'auteur d'avoir tant rassemblé, tant réfléchi et d'avoir réussi un des exposés les plus clairs, les plus complets et les plus vivants de cette question encore sans réponse.

Découverte du ciel, par Pierre Rousseau. 1 vol. in-8°, 188 p., fig., planches. Nouvelles éditions latines, Paris, 1951.

Nos lecteurs liront avec plaisir ce que notre collaborateur leur raconta, à la Radio, des efforts de l'homme pour connaître les étoiles, des instruments qu'il ne cessa d'inventer depuis Galilée et des progrès qu'il fit ainsi dans la découverte du ciel. Ils seront enchantés de pénétrer si facilement dans la physique des étoiles.

Image des mondes disparus, par Jean Piveteau. 1 vol. in-8°, 157 p., 107 fig. Masson et Cie, Paris, 1951.

Rassemblant une série d'études publiées dans *La Nature* et y joignant d'autres encore inédites, le professeur de paléontologie de la Sorbonne dégage des travaux de détail sur la systématique et l'anatomie des êtres vivants fossiles les grandes idées de l'évolution ; la succession des aspects du globe et l'enchaînement des espèces. Choisissant les temps et les lieux les mieux connus et les plus évidents, il brosse une série de tableaux où l'on voit apparaître la vie dans les eaux, puis sur terre, les débuts des vertébrés, le summum des reptiles, le peuplement en mammifères et les premiers hommes d'avant l'histoire. Cette série de fresques fait saisir les changements survenus dans les formes, dans les modes de vie et suggère une suite de visions ordonnée, une perspective, un début d'explication.

PETITE ANNONCE

A VENDRE : Règle à éclimètre, omnimètre, règle étalon 1,20 m, planimètre. Écr. à M. LHOMMET, 36, rue Delagenière, Le Mans (Sarthe).

Le gérant : F. Dunod. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 1er TRIMESTRE 1952, N° 2352. — Imprimé en France.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS (310566), LAVAL, N° 2498. — 2-1952.